ARBEITEN

DES

PHARMAKOLOGISCHEN INSTITUTES

ZU

DORPAT.

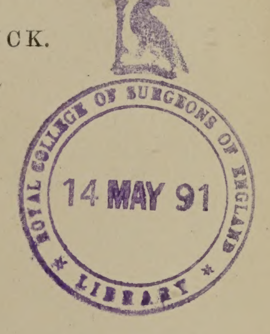
HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. R. KOBERT,
KAISERLICH RUSSISCHEM STAATSRATH.

VI.

MIT EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.



STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1891.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER

HERRN PROFESSOR

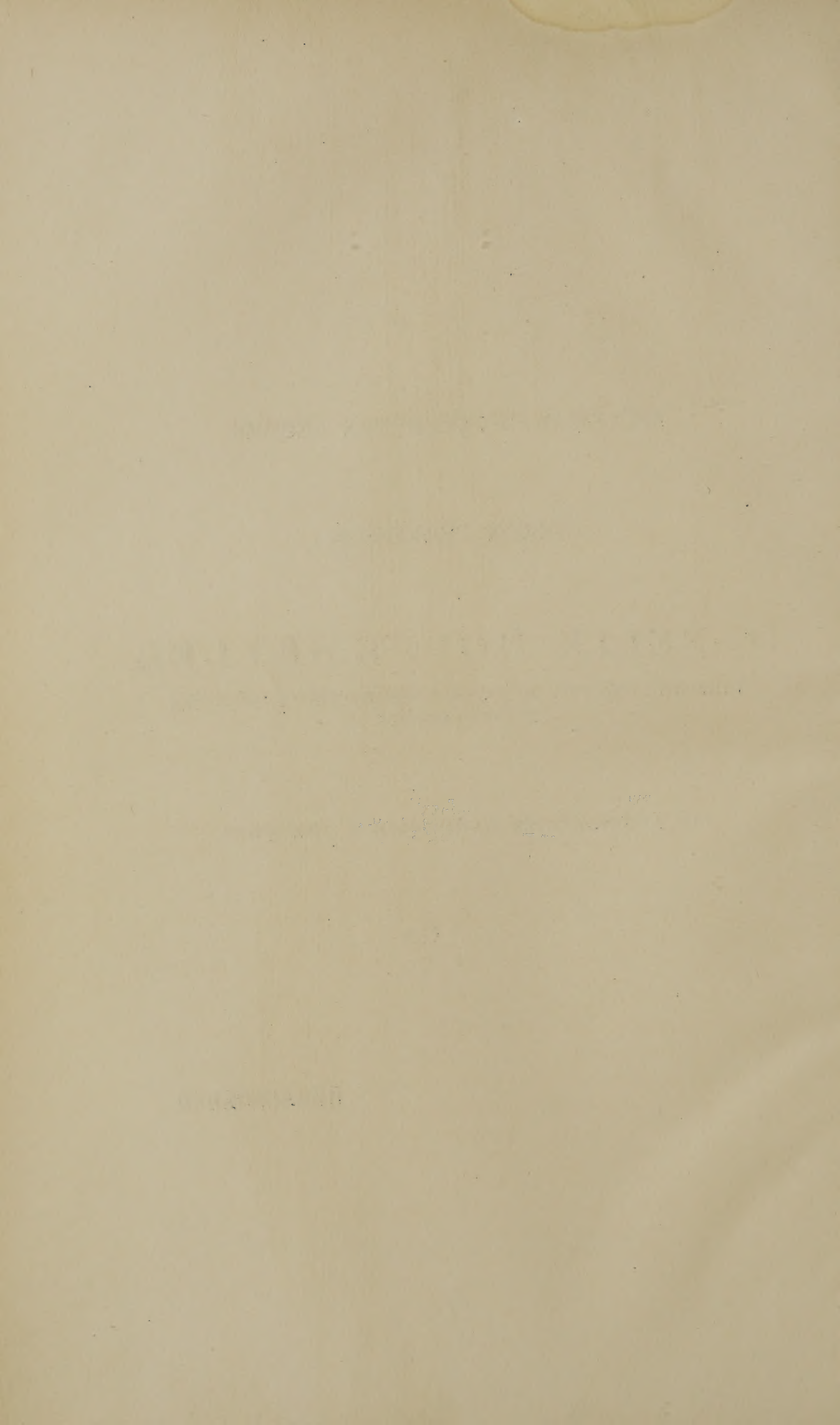
DR. FELIX HOPPE-SEYLER,

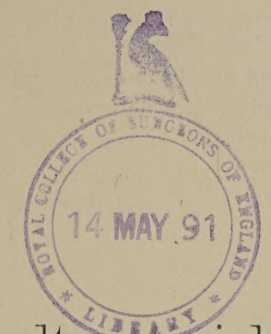
DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCH-CHEMISCHEN INSTITUTES
ZU STRASSBURG

IN AUFRICHTIGER DANKBARKEIT GEWIDMET

VOM

HERAUSGEBER.





Inhaltsverzeichniss.

I. Ueber einige Saponinsubstanzen von Nicolai Kruskal.

Seite

A. Historisches über die betreffenden Drogen.

I. Ueber Radix Saponariae albae 1

II. Ueber Sapindus Saponaria L. 2

III. Ueber Chamaelirium luteum Asa Gray 4

IV. Ueber die anderen saponinhaltigen Pflanzen 5

B. Chemisches.

I. Ueber Saponine im Allgemeinen und ihre verschiedenen Darstellungsmethoden 9

II. Eigene Darstellung von drei Saponinsubstanzen.

1. Darstellung der Saponinsubstanz aus der Radix Saponariae albae.

a) Darstellung nach der Bleimethode von Kobert und Pachorukow 14

b) Dartstellung nach der Magnesiamethode von Greene . . 15

2. Darstellung der Saponinsubstanz aus den Samen von Sapindus Saponaria.

a) Darstellung nach der Bleimethode von Kobert und Pachorukow 16

b) Darstellung nach der Magnesiamethode von Greene . . . 16

3. Darstellung der Saponinsubstanz aus der Wurzel von Chamaelirium luteum 16

III. Eigenschaften der drei Saponinsubstanzen 17

IV. Reactionen der drei Saponinsubstanzen.

1. Reactionen des levantischen Sapotoxins 19

2. Reactionen des Sapindus-Sapotoxins 20

3. Reactionen des Chamälirins 21

V. Quantitative Zusammensetzung einiger Saponinsubstanzen.

1. Levantisches Sapotoxin 22

2. Sapindus-Sapotoxin 23

3. Chamälirin 24

Seite
4. Quillajasäure, von E. Merck bezogen 25
5. Quillaja-Sapotoxin, von E. Merck bezogen 26
6. Senegin, von E. Merck bezogen 26
7. Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse 27

VI. Spaltungsanalysen einiger Saponinsubstanzen.
1. Levantisches Sapotoxin 36
2. Sapindus-Sapotoxin 36
3. Quillaja-Sapotoxin 36
4. Chamälirin 36
5. Quillajasäure 37
6. Senegin 37

VII. Eigenschaften der Sapogenine 42

VIII. Quantitative Bestimmung des Saponingehaltes dreier Drogen . . . 43

C. Pharmakologisches.

I. Wirkung bei intravenöser Injection.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 48
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 50
3. Versuche mit Chamälirin 51

II. Wirkung bei Application per os.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 52
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 53
3. Versuche mit Chamälirin 53

III. Wirkung bei subcutaner Application.
1. Bei Kaltblütern.
a) Versuche mit levantischem Sapotoxin 53
b) Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 55
c) Versuche mit Chamälirin 56
2. Bei Warmblütern.
a) Versuche mit levantischem Sapotoxin 58
b) Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 58
c) Versuche mit Chamälirin 58

IV. Wirkung auf die Hautsensibilität.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 59
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 60
3. Versuche mit Chamälirin 61

V. Wirkung auf die Musculatur.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 62
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 63
3. Versuche mit Chamälirin 63

VI. Wirkung auf die motorischen Nerven.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 64
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 64
3. Versuche mit Chamälirin 64

VII. Wirkung auf das überlebende Herz.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 65
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 69
3. Versuche mit Chamälirin 72

VIII. Wirkung auf das Blut 76

IX. Wirkung auf den Blutdruck 78

Seite

X. Wirkung auf überlebende Organe.
1. Versuche mit levantischem Sapotoxin 83
2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin 85
3. Versuche mit Chamälirin 85
XI. Wirkung auf Würmer 88

II. Ueber Agrostemma Githago L. von Nicolai Kruskal.

A. Historischer Theil.
I. Beschreibung der Pflanze 89
II. Namen der Pflanze 90
III. Historisches über die Verwendung der Pflanze 92
B. Chemischer Theil.
I. Aeltere Analysen der Kornrade 100
II. Eigene Darstellung des wirksamen Principes 105
III. Eigenschaften des Agrostemma-Sapotoxins 106
IV. Reactionen des Agrostemma-Sapotoxins 107
V. Elementaranalysen des Agrostemma-Sapotoxins 108
VI. Spaltungsanalysen des Agrostemma-Sapotoxins 111
VII. Eigenschaften des Agrostemma-Sapogenins 113
VIII. Quantitative Bestimmung des Sapotoxingehaltes der Kornradesamen 113
IX. Ueber den Nachweis des Kornradesamenpulvers im Mehle . . . 115
C. Pharmakologischer Theil.
I. Aeltere Versuche mit der wirksamen Substanz an Thieren . . . 117
II. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins bei localer Application.
1. Wirkung auf Schleimhäute 119
2. Wirkung auf Muskeln 119
3. Wirkung auf den peripheren Nervenapparat 120
4. Wirkung auf das isolirte Herz 121
III. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf das Blut 126
IV. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins bei intravenöser Application 128
V. Wirkung des Kornradenmehls und seiner Bestandtheile bei Einführung in den Magen.
1. Bisherige Versuche anderer Autoren
a) an Vögeln 129
b) an Hunden 130
c) an Katzen 130
d) an Kaninchen 131
e) an Ratten und Mäusen 131
f) an Pferden 131
g) an Ziegen 132
h) an Schweinen 132
i) an Kälbern und Rindern 132
2. Eigene Versuche
a) an Hähnen 133
b) an Kaninchen 134
c) an Ratten 134
d) an Katzen 135

Seite

VI. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins bei subcutaner Application
1. bei Kaltblütern 136
2. bei Warmblütern 138

VII. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf den Blutdruck 139

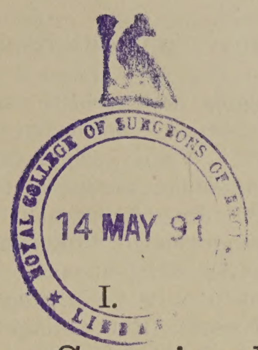
VIII. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf überlebende Organe von Warmblütern 142

IX. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf Würmer 143

D. Forensisch-toxikologischer Theil 143

Tafelerklärung 145

Schlusswort des Herausgebers 146



I.

Ueber einige Saponinsubstanzen.

Von

Nicolai Kruskal aus Kowno.

A. Historisches über die betreffenden Drogen.

I. Ueber Radix Saponariae albae.

Die jetzt im Handel unter dem Namen weisse, levantische, ägyptische, spanische oder indische Seifenwurzel (Radix Saponariae albae) käufliche Droge stammt, wie aus der neuesten Untersuchung von Flückiger[1]) ersichtlich ist, nicht von Gypsophila Struthium L., wie bis jetzt angenommen wurde, sondern von Gypsophila Arrostii Gussone und von Gypsophila paniculata L.: die aus Süditalien in den Handel gebrachte stammt von Gypsophila Arrostii, die aus Kleinasien von Gypsophila paniculata.

Wo also in der Litteratur von Saponin die Rede ist, welches aus Gypsophila Struthium L. gewonnen worden sei, wie z. B. in den Schriften von Bley, Bussy, Rochleder und Schwarz und von Christophsohn[2]), da ist demnach das Saponin von Gypsophila Arrosti Gussone oder das von Gypsophila paniculata L. gemeint.

Die von mir in den Kreis meiner Untersuchung gezogene, wahrscheinlich kleinasiatische Radix Saponariae albae stammt also nach den Auseinandersetzungen von Flückiger nicht von Gypsophila Arrostii, sondern von Gypsophila paniculata. Ich hatte über die Geschichte dieser interessanten Droge bereits umfassende Studien gemacht, als der klassische Artikel Flückiger's erschien, der auch nach der geschichtlichen Seite hin so vollständig ist, dass ich auf jede weitere derartige Mittheilung verzichten kann.

---

[1]) F. A. Flückiger, Zur Kenntniss der weissen Seifenwurzel. Archiv der Pharmacie, Bd. 228, 1890 April, p. 199 (mit Abbildung der Gypsophila Arrostii).

[2]) Wir werden weiter unten auf diese Schriften zurückkommen.

II. Ueber Sapindus Saponaria L.

Die Gattung Sapindus, welche 1737 von Linné aufgestellt wurde, umfasst eine Reihe von Arten, von denen wenigstens eine, nämlich Sapindus emarginatus Vahl, schon im grauen Alterthume bekannt war, wie die Auffindung sogenannter Seifenfrüchte in altägyptischen Gräbern zeigt [1]. Jetzt kennt man gegen 40 Arten, die fast sämmtlich in den Tropengegenden vorkommen. Es sind meist Bäume und Sträucher mit paarig oder unpaarig gefiederten Blättern; die Blüthen stehen in Rispen mit 4—5theiligem Kelch, ebenso vielen Blumenblättern, 8—10 einem Ringe eingefügten Staubgefässen und einem Stengel, welcher Steinfrüchte hervorbringt. Die eigentliche Grundlage der Gattung Sapindus ist nach Radlkofer [2]) Sapindus Saponaria L., der gemeine Seifenbaum des tropischen Amerika. Derselbe wird fast 10 m hoch und kennzeichnet sich durch die weissrindigen Aeste der weitausgespreizten Krone, durch die breitgeflügelten Stiele der 3—4paarigen Blätter und durch seine galläpfelgrosse, glänzend aussehende, schwarzrothe, süsslich-bitter und zusammenziehend schmeckende Frucht, die sog. Seifenfrucht.

Letztere ist es, die uns hier interessirt. Sie enthält nämlich eine Saponinsubstanz, welche sich in vergrösserten Parenchymzellen des Sarcocarpiums findet. Gerade dieses saponinreiche Sarcocarpium ist es, welches der Frucht ihren praktischen Werth verleiht, so dass dieselbe schon bald nach der Entdeckung Amerikas den Schriftstellern erwähnenswerth erschien und sich daher auch in dem berühmten Werke des Oviedo [3] findet, dessen erste Auflage 1535 in Sevilla erschien.

Unter den Antidoten der alten Inder, welche bei vergifteten Wunden aufgelegt werden, wird auch Sapindus Saponaria angeführt [4].

Die medicinischen Eigenschaften der Seifenfrucht wurden, wie William Lewis in seiner Experimental history of the Materia medica (London 1761, p. 507) angibt, durch Marloe in einem Briefe an Boyle bekannt gemacht. Aber die Frucht wurde unter dem Namen Bermudas berries, baccae bermudenses, versteckt, so dass ihr Gebrauch mit dem Tode des einzigen Mannes, der das Geheimniss kannte, aufhören musste. Dale entdeckte dann später, dass die Beeren, welche der Verstorbene hinterlassen hatte, identisch waren mit den

---

[1]) Solche befinden sich z. B. in der Passalacqua'schen Sammlung und wurden durch den besten Sapindus-Specialisten, welchen es überhaupt giebt, nämlich durch Prof. Radlkofer, als zu der oben genannten Species gehörig bestimmt. Man vergl. darüber den Vortrag von A. Braun (Zeitschr. f. Ethnolog. Bd. 9, 1877, p. 289). Es muss daher sehr auffallen, dass Franz Woenig (Die Pflanzen im alten Aegypten. Leipzig 1886) und E. Moldenke (Ueber die in altägyptischen Texten erwähnten Bäume und deren Verwerthung. Leipzig 1887) unsere Pflanze, die mit Sap. trifoliatus L. synonym ist, mit Stillschweigen übergehen.

[2]) Ueber Sapindus und damit in Zusammenhang stehende Pflanzen. Separatabdruck aus den Sitzungsber. d. kgl. bayer. Akademie der Wissenschaften. Math.-phys. Classe 1878.

[3]) Gonzalo Hernandez de Oviedo y Valdez, La historia general y natural de las Indias Islas y tierra firme dal mar Océano. Citirt bei Meyer, Geschichte der Botanik, Bd. 4, p. 410.

[4]) Berendes, Pharmacie der alten Culturvölker. Archiv der Pharmacie, Bd. 224, 1886, p. 19 des Sep.-Abdr.

Soap-berries von Amerika. Die Seifennüsse wurden dann unter dem Namen Nuculae Saponariae s. Sapindi officinell und wurden vielfach bei Krankheiten benutzt. Nach G. Ray [1]) wurde das Infus oder Decoct der Frucht innerlich bei Cachexie und bei schweren Koliken, der Schaum des Decocts äusserlich auf die Schläfen gegen Kopfschmerzen und Fieber angewandt.

Nach Rosenthal [2]) wurde die Frucht noch vor wenigen Jahrzehnten von vielen Aerzten gegen Bleichsucht, Schleimflüsse, namentlich der Harnorgane, Blutungen und viele andere äusserliche und innerliche Krankheiten benutzt. Heutzutage ist unsere Droge ohne medicinischen Werth und daher aus den Pharmacopöen gestrichen; die technische Verwerthung der Frucht nahm jedoch dessenungeachtet an Ausdehnung zu und wurde zugleich die Quelle für den Namen der Pflanze: Sapo indus = Sapindus, Baum, welcher indische Seife liefert. Die Indianer benutzen nämlich die Früchte zum Waschen des Körpers und der Leinwand, indem sie einige derselben in den Händen zerquetschen und wie mit Seife damit waschen. In Brasilien heisst der Seifenbaum Para-Para, die Frucht kommt dort unter dem uns schon bekannten Namen Bermudas berries vor; in Centralamerika wird nach Bernardin [3]) die Frucht Siempre viva oder Barbasco [4]) genannt. Bei den Spaniern führt die Frucht ihres klebrigen Saftes wegen einen Namen, welcher Gummikirsche [5]) bedeutet. Ob sie dort als Seife benutzt wird, weiss ich nicht. In den englischen Colonien Westindiens und einem grossen Theil Südamerikas jedoch dient die Frucht ebenfalls zum Reinigen der Wäsche und Kleidungsstücke und entfaltet nach Bernardin eine 60mal stärkere Wirkung als die Seife. Als Nachtheil bei der Anwendung ist zu bemerken, dass bei länger fortgesetztem Waschen damit die Wäsche und Kleider verdorben und angefressen werden [6]). Auch zum Reinigen von Küchegeräthen und Silbergefässen finden die Früchte recht häufige Anwendung. Weiter werden dieselben nach Bernardin in Centralamerika, da sie bei Fischen eine betäubende Wirkung hervorrufen, zum Fangen dieser Thiere benutzt. Die Früchte werden ins Wasser geworfen; nach kurzer Zeit steigen die Fische betäubt an die Oberfläche und werden mit der Hand gegriffen. Legt man die betäubten Thiere dann in frisches Wasser, so schwindet die Betäubung.

Die saponinfreien harten Kerne der Früchte wurden früher in England in Silber oder anderem Metall eingefasst und zu Westenknöpfen gebraucht. Namentlich trieben damit die Chinesen grossen

---

[1]) G. Ray (Raius), Historia plantarum, 1693, Bd. 2, p. 1548. Citirt bei Vogel, Histor. materiae medic. 1764, p. 171.

[2]) B. A. Rosenthal, Synopsis plantarum diaphoricarum 1862, p. 779.

[3]) Bernardin, Classification de 40 Savons végétaux 1875.

[4]) Der Name Barbasco kommt auch sonst noch für saponinhaltige Drogen vor.

[5]) Dictionnaire, raisonné universel d'histoire naturelle, Bd. 5, 1769, p. 391.

[6]) J. B. Labat, Nouv. voyage, Bd. 4, p. 183. Citirt bei Böhmer, Technische Geschichte der Pflanzen, Bd. 1, 1794, Leipzig, p. 775. Jean Baptiste Labat war ein sehr gelehrter Dominicaner, der 1663—1738 lebte. Sein Werk Nouveau voyage aux isles de l'Amérique contenant l'histoire naturelle de cet pays erschien 1722 in Paris bei Griffart in sechs Bänden und enthält noch jetzt äusserst werthvolle historische Notizen.

Handel; sie exportirten die Nüsse von Ostindien nach Amboina und andern Gegenden, wo dieselben zu Knöpfen verarbeitet wurden [1]). Gelegentlich wurden sie auch durchbohrt und dienten dann zur Darstellung von Rosenkränzen. Ausser der Frucht von Sapindus Saponaria findet auch die vieler anderen Species von Sapindus vielfache Verwendung. So dient die schon erwähnte von Sapindus trifoliatus L. s. S. emarginatus Vahl, deren Volksname Ritah, Poongum, Poorandi, Bindake etc. ist, in Ostindien zum Waschen. Ein Oel, aus den Samen ausgepresst, wird in der indischen Medicin unter dem Namen Koocodie noona angewandt. Sapindus rarak DC. dient auf den Molukken und Java statt der Seife; Sapindus divaricatus (pao de Sabao du Bresil), S. arborescens, S. fruticescens (in Guyana), S. detergens Roxb. (in Ostindien) dienen ebenfalls zum Waschen. In Brasilien werden die Früchte von Sapindus esculentus St. Hil., auf den Molukken die von S. fruticosus Roxb. und am Senegal die von S. Senegalensis Poir wie Obst gegessen.

III. Ueber Chamaelirium luteum Asa Gray.

Chamaelirium luteum Asa Gray s. Helonias dioica Pursh gehört zur Familie der Colchicaceae. Linné zählte die Pflanze zu den Veratrum-Arten, mit dem Namen Veratrum luteum.

Das Vaterland des Chamaelirium ist Nordamerika und namentlich der Staat Ohio. Die Wurzel, gemeinhin Blazing star, Devils bit, False unicorn root, Teufelsbiss, falsche Einhornwurzel genannt, beschreibt Procter [2]) als sehr hart, von 3 cm Länge und von der Dicke des kleinen Fingers, äusserlich grau, innerlich heller grau, von zahlreichen, kreisförmigen Eindrücken gekennzeichnet, ohne bemerkenswerthen Geruch und sehr bitterem Geschmack. Im Handel kommt die Wurzel von Parke Davis & Comp. aus in pfundschweren, viereckig gepressten Packen vor.

The American Dispensatory, das Hauptbuch der eklectischen Schule, von John King herausgegeben, gab nach Greene [3]) zuerst eine etwas genauere Beschreibung der Pflanze und wies auch auf den Unterschied von Aletris farinosa, mit der sie oft verwechselt und statt deren sie auch benutzt wurde, hin. Das Buch sagt aus, dass die Wurzel die Eigenschaft eines Tonicum, harntreibenden und wurmwidrigen Mittels besitzt. In grossen Dosen rufe sie Erbrechen und im frischen Zustande Speichelfluss hervor. Der interessanteste Punkt an der Wirkung dieser Pflanze ist ihre tonische Wirkung auf die Gebärmutter und in Folge dieser Eigenschaft ist das Mittel in hohem Grade aufgekommen. Die 1889 erschienene 16. Auflage des Dispensatory erwähnt unsere Pflanze auf Seite 1750 nur kurz.

---

[1]) Böhmer, Technische Geschichte der Pflanzen, Bd. **2**, Leipzig 1794, p. 555.

[2]) Rapport sur les objets de matière médicale offerts à la société de pharmacie par M. Williams Procter au nom d'une commission composée de Mm. Gobley et Mayet. Journal de Pharmacie et de Chimie [4. sér.] T. **9**, 1869, p. 36.

[3]) American Journal of Pharm., Vol. **50**, 4. Reihe, Vol. **8**, 1878, p. 250 u. 465.

Dass das Chamaelirium als ein Tonicum der Gebärmutter wirkt, wird auch von Bramer[1]) bestätigt. E. H. Woodberg[2]) fand das Mittel auch besonders günstig bei weissem Fluss, bei Amenorrhöe und Dysmenorrhöe, auch bekämpfe es die Neigung zu Fehlgeburten.

„Ueberhaupt zeigen sich die Colchiceae und Veratreae," so schreibt Nees v. Esenbeck[3]), „als scharfe, drastische Purgir- und Brechmittel und können sogar örtliche Entzündungen auf der Haut hervorbringen. Hierin liegt auch die wurmabtreibende Kraft verschiedener Gattungen, z. B. der Helonias dioica; der geistige Aufguss der Wurzel ist tonisch, bitter und in kleinen Gaben sehr nützlich." „Oft," schreibt weiter Strumpf[4]), „wird die Wurzel von Helonias dioica Pursh in Nordamerika statt der Ipecacuanha verwendet; besonders wirkt der Weinaufguss als bitter-tonisches Brechmittel. Beim Kauen zieht die Wurzel den Speichel." Nach David August Rosenthal[5]) endlich findet die Wurzel bei Wurmleiden, Wassersucht und anderen Krankheiten Anwendung.

IV. Ueber die andern saponinhaltigen Pflanzen.

Es scheint mir nicht unangebracht, hier eine Zusammenstellung derjenigen Pflanzen zu geben, in welchen man Saponinsubstanzen gefunden haben will. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass bei einigen derselben das Saponin nicht sicher nachgewiesen ist. Ich habe mir erlaubt, dieselben mit einem Fragezeichen zu versehen.

1. Polypodiaceae.

Polypodium vulgare L. (?)

2. Melanthaceae.

Helonias dioica Pursh.

3. Liliaceae.

a. Aloineae:
- Yucca angustifolia L.
- „ baccata L.
- „ filamentosa L.

b. Asphodeleae:
- Muscari comosum Mill.
- Scilla pomeridiana DC. s. Chlorogalum pomeridianum.

---

[1]) Bramer, Boston med. and surg. Journal, Vol. **11**, p. 46, citirt nach Greene.

[2]) Woodberg, Southern medic. Record, citirt bei Greene, leider ohne Angabe des Bandes.

[3]) Nees v. Esenbeck, Handbuch der medicinisch-pharmaceutischen Botanik, Bd. **1**, 1830, p. 150.

[4]) Strumpf, Systematisches Handbuch der Arzneimittellehre, Bd. **1**, 1848, p. 564 u. Bd. **2**, p. 157.

[5]) Rosenthal, Synopis plantar. diaphoricarum 1862, p. 84.

4. Smilaceae.

a. Parideae:
  Trillium pendulum W.

b. Convallarieae:
  Convallaria majalis L. (?)
  Smilax; sehr viele Species [1]).

5. Dioscoreae.

Dioscorea villosa L.

6. Aroideae.

Arum maculatum L.
  „ italicum L.

7. Chenopodeae.

Chenopodium mexicanum Schrad.

8. Compositae.

a. Tubuliflorae:
  Grindelia robusta Nutt.
  „ squarrosa Dun.
  Arnica montana L. (?)

b. Labiatiflorae:
  Mutisia viciaefolia Cav.

9. Rubiaceae.

Cephalanthus occidentalis L.

10. Convolvulaceae.

Convolvulus Jalapa L. (?)

11. Solanaceae.

Scopolia japonica Maxim. (?)
Acnistus arborescens Schott.
Solanum saponaceum Dun.
  „ nigrum L.
  „ Dulcamara L.
  „ tuberosum L. (?)
  „ mammosum L.
  „ verbascifolium L.
  „ Lycopersicum L.
  „ Sodomaeum L.
  „ bacciferum.

12. Scrophularineae.

a. Digitaleae:
  Digitalis purpurea L.
  „ ochroleuca Jacq.

b. Veroniceae:
  Leptandra virginica Nutt.

---

[1]) Ich verzichte darauf, auf die verschiedenen Sassaparillensorten hier näher einzugehen, da über dieselben in diesen Arbeiten ein besonderer Artikel erscheinen wird.

13. Primulaceae.

a. Primuleae:

Cyclamen europaeum L.
" coum Mill.
" persicum Mill.
Primula veris L.

b. Anagallideae:

Anagallis arvensis L.
" coerulea Schb.

14. Sapotaceae.

Bassia longifolia L.
" latifolia L.
Chrysophyllum glycyphlaeum Casar.

15. Magnoliaceae.

Illicium anisatum L.

16. Ranunculaceae.

Nigella sativa L.

17. Berberideae.

Leontice Leontopetalum L.

18. Papayaceae.

Carica papaya L.

19. Begoniaceae.

Begonia sp.

20. Caryophylleae.

a. Paronychieae:

Herniaria glabra L.

b. Sileneae:

Dianthus caryophyllatus L.
" Carthusianorum L.
" caesius L.
" prolifer L.
Silene nutans L.
" inflata Sm.
Agrostemma Githago L.
Saponaria officinalis L.
" vaccaria L.
" ocymoïdes L.
Lychnis chalcedonica L.
" dioica L.
" diurna Sibth.
" flos cuculi L.
" vespertina Sibth.
Gypsophila centifolia Fisale.
" altissima L.
" fastigiata L.
" Struthium L.
" Arrostii Gussone.
" paniculata L. etc.

21. Phytolaccaceae.

Pircunia abyssinica Hffm.
„ saponacea Webr.

22. Ternstromiaceae.

Camellia oleïfera Abl.
„ Sasanqua Thumb.

23. Balaniteae.

Balanites aegyptiaca Delil.

24. Sapindaceae.

a. Sapindeae:
Sapindus, ungefähr 40 Arten.
b. Hippocastaneae:
Aesculus pavia Boerh.

25. Polygaleae.

Polygala Senega L.
„ amara L. (?)
„ mexicana Pol.
Monnina polystachya R. u. P.

26. Xanthoxyleae.

Xanthoxylum pentanome DC.

27. Rosaceae.

Quillaja saponaria Mol.
„ smegmadermos DC.

28. Papilionaceae.

Tetrapleura Thonningii Bth.
Gleditschia ferox Desf.

29. Mimoseae.

Albizzia Saponaria Bl.
„ procera Benth.
„ latifolia Boivin.
„ stipulata Boivin.
„ anthelminthica A. Brogn.
„ lebbeck Bth.
„ lophantha.
Acacia concinna DC.
„ latronum Willd.
Entada scandens DC.
Enterolobium Timbura Martius.

Wenn mir auch bei Aufstellung dieser Tabelle einzelne Pflanzen entgangen sein sollten, so glaube ich doch jedenfalls eine vollständigere Liste geliefert zu haben, als dies Bernardin 1875 thun konnte. Im Ganzen ist das Vorkommen saponinartiger Stoffe in etwa 140 Species von Pflanzen als wahrscheinlich anzunehmen.

B. Chemisches.

I. Ueber Saponine im Allgemeinen und ihre verschiedenen Darstellungsmethoden.

Im Jahre 1808 entdeckte J. C. C. Schrader [1]) in der Wurzel der Saponaria officinalis L. einen sog. Extractivstoff, welchen er wegen seines seifenartigen Schäumens Saponin, d. h. Seifenstoff nannte. Diese Entdeckung von Schrader gab den Anstoss zum Nachweis desselben oder ähnlicher Stoffe in Pflanzen derselben und vieler anderen Familien. Die Zahl der Familien, in welchen sich derartige Stoffe haben nachweisen lassen, beträgt vorstehender Tabelle nach bereits 29 und ist gewiss noch nicht abgeschlossen.

Bei einer Analyse der levantischen Seifenwurzel, nach damaliger Meinung von Gysophila Struthium L. abstammend (vergl. oben S. 1), gewann Bley [2]) einen Kratzstoff, Struthiin genannt, und verglich diesen mit dem Saponin von Schrader, sowie mit einem schon vor Schrader's Entdeckung von Gehlen [3]) in der Wurzel der Polygala Senega entdeckten Kratzstoff, Senegin oder Polygalin genannt. Das Ergebniss dieser Vergleichung war folgendes: durch die Löslichkeit in Wasser und die Unlöslichkeit in starkem Alkohol, sowie durch die Eigenschaft, Metallsalze nicht zu fällen, ähnelt das Struthiin dem Saponin, unterscheidet sich aber dadurch vom Senegin, welches gegen jene Substanzen sich anders verhalte; durch seinen schärferen Geschmack ähnele das Senegin mehr dem Struthiin als das Saponin. Später, nachdem Bley sein Struthiin durch Zerlegen der Bleiverbindung gereinigt und dieselbe Reinigung auch mit dem Saponin von Schrader vorgenommen hatte, kam er zur Ansicht, dass beide Körper identisch sind und der Name Struthiin daher überflüssig sei.

Mittlerweile waren auch in andern Pflanzen Saponinsubstanzen entdeckt worden, so 1828 in der Quillajarinde von Henry und Boutron-Charlard [4]), 1831 in den Samen von Agrostemma Githago L. von Scharling [5]), 1841 in der Monesiarinde von Derosne, Henry und Payen [6]) und zwar fand man dieselben, wie ersichtlich, nicht in ein und demselben Organe der Pflanzen, sondern in verschiedenen, so in der Wurzel, in den Samen, in der Rinde etc.

---

[1]) Neues allgem. Journ. der Chemie, herausgeg. von F. A. Gehlen, Bd. 8, 1808, p. 548.

[2]) Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd. **4**, 1832, p. 283.

[3]) Berliner Jahrbuch der Pharmacie, Bd. **10**, 1804, p. 112.

[4]) Henry und Boutron-Charlard, Journ. d. Pharmacie et de Chimie, T. **14**, 1828, p. 247.

[5]) Scharling, Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd. **74**, 1850, p. 351.

[6]) Derosne, Henry und Payen, Exam. chim. et méd. du Monesia 1841. Schmidt's Jahrbücher, Bd. **30**, 1841, p. 287. Ich verweise betreffs der Monesiarinde ferner auf Paul Rasanow, Materialien zur Erforschung der Monesiarinde in pharmacognostischer und klinischer Hinsicht. Inaug.-Diss. Moskau 1890. Russisch.

Das Saponin erhielt, wie schon vorhin angedeutet wurde, nach den verschiedenen Pflanzen, aus denen es gewonnen wurde, verschiedene Benennungen. So hiess es in dem einen Falle Saponin, in einem andern Monesin, dann Senegin, Polygalin, Quillajin, Struthiin, Githagin, Monesin, Nigellin und dergleichen. Diese Benennungen hatten anfangs auch eine gewisse Bedeutung, da man annahm, dass die Saponinsubstanzen, welche aus verschiedenen Pflanzen gewonnen waren, nicht identisch seien; aber im Laufe der Zeit änderte sich die Ansicht hierüber. So tauchte die Vermuthung auf, dass die kratzenden Stoffe der Senegawurzel und der Samen von Agrostemma Githago L. mit dem Saponin der Quillajarinde und dem von Bley und später von Bussy [1]) aus der levantischen Seifenwurzel dargestellten, identisch sind. Im Jahre 1854 erklärte ferner Bolley [2]) das Saponin der levantischen Seifenwurzel für identisch mit dem Senegin, und 20 Jahre später behauptete Christophsohn [3]) dasselbe für die Saponine der Wurzel von Saponaria officinalis, von Gypsophila Struthium, der Rinde von Quillaja Saponaria und der Samen von Agrostemma Githago und stellte zur Stütze dieser Behauptung zahlreiche Analysen an.

Nachdem auf solche Weise die Identität einiger Saponine mehr oder weniger sich erwiesen hatte, wurde zum Ersatz der Radix Saponariae rubrae als billigeres Material die Rinde von Quillaja Saponaria in Vorschlag gebracht und zwar von Le Boeuf im Jahre 1854; seit jener Zeit stellt man das käufliche Saponin immer mehr und mehr aus der Quillajarinde dar, so dass diese Pflanze die übrigen saponinhaltigen wenigstens in Deutschland vollständig verdrängt hat.

Bevor ich an die Mittheilungen der Resultate meiner Arbeit gehen kann, muss ich **einiger älteren Darstellungsmethoden des Saponins** gedenken.

Die Methode, die Schrader [4]) zur Darstellung des Saponins aus der Radix Saponariae rubr. benutzte, bestand darin, dass er das wässrige Extract der Wurzel mit Weingeist auskochte; aus dem Filtrat schied sich beim Erkalten das Saponin ab.

Buchholz [5]) gewann bei einer Analyse derselben Wurzel durch Auskochen mit Alkohol 34 % Extract, das in wässriger Lösung beim Schütteln schäumte, und welches er in der Meinung, einen einheitlichen Körper vor sich zu haben, in Folge dieser Eigenschaft „Saponin“ nannte. Dass er jedoch kein reines Saponin, sondern alle in Alkohol löslichen Stoffe der Wurzel erhalten hatte, ist ersichtlich. Auch Schrader hatte kein reines Saponin in Händen, da es nach seiner Darstellungsmethode unmöglich ist, dasselbe vollständig rein zu erhalten. Erst im Jahre 1850 gelang es Overbeck [6]), etwas reineres Saponin darzustellen; aber auch das Seinige ist noch nicht vollständig chemisch rein. Seine Darstellungsmethode bestand in Folgendem:

---

[1]) Archiv der Pharmacie, zweite Reihe, Bd. **77**, 1832, p. 134; Annales de Chimie et de Phys., 2. sér., T. **51**, p. 390.

[2]) Bolley, Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd, **90**, 1854, p. 211.

[3]) Christophson, Vergleichende Untersuchungen über das Saponin der Wurzel von Gypsophila Struthium von Saponar. off. der Quillajarinde und der reifen Samen von Agrostemma Githago. Dissert. Dorpat 1874.

[4]) Schrader l. c.

[5]) Buchholz, Taschenbuch für Scheidekünstler etc., 1811, p. 33.

[6]) Overbeck, Archiv der Pharmacie, zweite Serie, Bd. **77**, p. 134.

Seifenwurzel wurde mit 80 %igem Alkohol ausgekocht. Durch mehrmaliges Behandeln der aus der alkoholischen Lösung nach dem Erkalten ausgeschiedenen weissen Flocken mit Aether wurde das Saponin vom Fett befreit und zur letzten Reinigung in weingeistiger Lösung durch Thierkohle entfärbt. Seine Analyse ergab

$$C = 46,5—47,2\ \% \text{ und } H = 7,0—7,8\ \%.$$

Analysen von Schrader sind nicht bekannt.

Bley und Bussy gewannen, wie oben erwähnt wurde, das Saponin aus der levantischen Seifenwurzel. Sie befreiten die zerkleinerte Wurzel durch Aether vom Fett, kochten den Rückstand mit Weingeist aus und sammelten die beim Erkalten sich ausscheidenden Flocken. Bley reinigte das Saponin durch Auflösen desselben in Wasser, Fällen mit neutralem Bleiacetat, Abfiltriren vom Niederschlage und Versetzen des Filtrats mit Bleiessig, sowie weiter durch Sammeln des entstandenen Niederschlages, Vertheilen desselben in Wasser, Zerlegen durch Schwefelwasserstoff, Fällen des Schwefelbleies durch Alkohol und Verdunsten des Filtrats, wobei das Saponin fast weiss zurückblieb. Bussy reinigte das Saponin durch wiederholtes Auflösen in siedendem Alkohol und Sammeln des beim Erkalten sich ausscheidenden Niederschlages; er wiederholte diese Operation so lange, bis das Saponin weiss war. Bei der Analyse erhielt er

$$C = 51,0\ \% \text{ und } H = 7,4\ \%.$$

Rochleder und Schwarz [1]) stellten das Saponin aus der levantischen Seifenwurzel dar. Die zerschnittene Wurzel wurde mit 80 %igem Weingeist ausgekocht, die heiss filtrirte Lösung hatte nach 24stündigem Stehen an einem kühlen Orte einen weissen Bodensatz von Saponin. Letzterer wurde auf einem Filter gesammelt, mit Aether ausgewaschen und getrocknet. Die Analyse ergab bei der Verbrennung

$$C = 52,54\ \% \text{ und } H = 7,23\ \%.$$

Bolley [2]), der die Ergebnisse der von Bussy, Fremy [3]), Overbeck, sowie von Rochleder und Schwarz ausgeführten Analysen mit seinen Analysen verglich und zeigte, dass keine Uebereinstimmung in allen diesen Analysen vorhanden ist, stellte sein Saponin aus der levantischen Seifenwurzel nach der von Bussy angegebenen Darstellungsmethode dar. Bei der Verbrennungsanalyse erhielt er selbst

$$C = 48,52—48,64\ \% \text{ und } H = 6,67—6,82\ \%.$$

Angeregt durch die Untersuchungen Bolley's setzten Rochleder und Schwarz ihre Arbeiten über das Saponin der levantischen Seifenwurzel fort. Sie reinigten das Saponin durch zweimaliges Auflösen in siedendem Alkohol, sammelten das beim Erkalten ausgeschiedene Saponin und fällten es von Neuem aus alkoholischer Lösung durch ein Gemisch von absolutem Alkohol und Aether. Die Analyse ergab

$$C = 53,2\ \% \text{ und } H = 7,64\ \%.$$

---

[1]) Rochleder und Schwarz, Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften, Bd. **11**, 1854, p. 335.

[2]) Bolley l. c.

[3]) Fremy, Annales de Chimie et de Phys., Bd. **58**, p. 101.

Das Saponin aus der Quillajarinde wurde von Henry und Boutron-Charlard auf folgende Weise dargestellt: Gepulverte Rinde wurde 3mal mit verschiedenen Mengen destillirten Wassers ausgekocht; die vereinigten Decocte wurden filtrirt und das Filtrat bis zur Trockne im Wasserbade verdampft. Das wässrige Extract wurde mit Alkohol ausgekocht und liess beim Erkalten eine weisse flockige Substanz fallen, die in heisser alkoholischer Lösung durch Thierkohle entfärbt wurde. Die filtrirte Lösung hinterliess beim freiwilligen Verdunsten durchsichtige Lamellen, die zerrieben ein gelblich weisses Pulver bildeten.

Le Boeuf[1]) erschöpfte die gepulverte Quillajarinde mit siedendem Alkohol und reinigte die nach dem Erkalten ausgeschiedenen gelben Flocken durch wiederholtes Auflösen in siedendem Alkohol.

Verbrennungsanalysen haben die letztgenannten Autoren nicht vorgenommen.

Bei einer Analyse der Samen von Agrostemma Githago entdeckte Scharling einen Saponinkörper, den er Githagin nannte. Da ich über denselben in der folgenden Arbeit (am Ende dieses Bändchens) ausführlich zu sprechen haben werde, so gehe ich hier nicht näher darauf ein. Dasselbe gilt von den denselben Stoff betreffenden Arbeiten von Crawfurd und von Natanson. Nach letzterem Autor ist das Githagin mit dem Saponin nicht identisch.

Christophsohn stellt seine Saponine auf folgende Weise dar: Gröblich gepulverte Wurzel der vermeintlichen Gypsophila Struthium wurde mit destillirtem Wasser mehrmals ausgekocht, die wässrigen Decocte auf dem Wasserbade bis zur Extractconsistenz verdampft und im Trockenofen völlig eingetrocknet. Das eingetrocknete wässrige Extract wurde mit 83%igem Alkohol ausgekocht, siedendheiss filtrirt und der beim Erkalten ausgeschiedene Körper gesammelt. Letzterer wurde mit 95%igem Alkohol gewaschen und getrocknet. Er stellt das unreine Saponin dar. Die Saponine der Quillajarinde und der Wurzel von Saponaria officinalis wurde auf dieselbe Weise dargestellt. Zur Darstellung von rohem Saponin aus den Samen von Agrostemma Githago schlug Christophsohn folgendes Verfahren ein: Die zu Mehl gemahlenen und getrockneten Samen wurden mit Petroläther einige Tage bei Zimmertemperatur digerirt. Durch Abfiltriren wurde das Mehl von dem fetten Oel getrennt und getrocknet. Das entfettete Mehl wurde wiederholt mit 83%igem Alkohol ausgekocht und dann wie bei der Darstellung der anderen Saponine verfahren.

Die Darstellungsmethoden des unreinen Saponins sind bei allen Forschern ziemlich die gleichen, doch weichen die von ihnen eingeschlagenen **Reinigungsmethoden** von einander wesentlich ab.

Von Payr[2]), der die Untersuchungen von Rochleder und Schwarz fortsetzte, bediente sich zur Reinigung des Saponins folgender Methode: Er löste das unreine Saponin in möglichst wenig Wasser auf, mischte die Lösung mit heiss gesättigtem Barytwasser, sammelte

---

[1]) Le Boeuf, Compt. rend. de l'Acad. des sc., T. **31**, 1850, p. 652; Repertorium für die Pharmacie, dritte Reihe, Bd. **7**, 1851, p. 373.

[2]) Rochleder und v. Payr, Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften, Bd. **45**, 1862, p. 7.

den Niederschlag auf einem Filter, wusch ihn mit Barytwasser, löste ihn in Wasser, worin er sich leicht löst, und leitete Kohlensäure in die Lösung. Nach dem Erwärmen filtrirte er das Baryumcarbonat ab und versetzte das concentrirte Filtrat mit ätherhaltigem Alkohol. Diese sog. Barytmethode wurde auch von Christophsohn zur Reinigung seiner Saponine benutzt.

Im Jahre 1883 veröffentlichte Ed. Stütz[1]) ein neues Verfahren zur Reindarstellung des Saponins. Es ist die Umwandlung des Saponins in die Acetylverbindung und Regeneration aus derselben. Stütz benutzte drei Methoden zur Acetylirung und zwar: 1) durch Kochen von 1 Th. Saponin mit 4 Th. Essigsäureanhydrid während einer halben Stunde am Rückflusskühler; 2) das Liebermann'sche Verfahren der Acetylirung, nämlich durch Kochen von 1 Th. Saponin, 1 Th. Natriumacetat und 4 Th. Essigsäureanhydrid während einer Stunde am Rückflusskühler; 3) das von Franchimont angegebene Verfahren: Kochen von 5 Th. Saponin, 2 Th. Chlorzink und 4 Th. Essigsäureanhydrid eine Stunde am Rückflusskühler. Nachdem die Einwirkung vollendet worden war, wurde die Lösung unter Umrühren in viel salzsäurehaltiges Wasser gegossen, wobei sich die Acetylverbindung als weisse Flocken oder schmierige Masse abschied. Die Regeneration geschah durch Kochen mit Barytwasser, bis Lösung eintrat. Die filtrirte Lösung wurde mit einem Ueberschuss von Barytwasser versetzt, der gebildete Saponinbaryt mit Kohlensäure zersetzt.

Die Saponine, welche nur nach einer dieser Methoden aus verschiedenen Pflanzen dargestellt sind, erscheinen, wie schon erwähnt, einander so ähnlich, dass Christophsohn bei ihrer Analyse identische Zahlen bekam; die Saponine dagegen, welche nach verschiedenen Methoden dargestellt sind, zeigen sogar, aus ein und derselben Pflanze gewonnen, grosse Unterschiede. Letztere treten weniger in der chemischen Formel als in der physiologischen Wirkung zu Tage. So erscheint nach Untersuchungen einiger Forscher das Saponin in vielfacher Hinsicht als ein heftiges Gift, nach den Untersuchungen Anderer aber, wie z. B. Böhm und Dragendorff[2]), und ebenso auch den von Stütz, soll das Saponin um so unwirksamer sein, je reiner es ist.

Kobert hat nun, durch die genannten Widersprüche angeregt, die Saponinfrage vom chemischen und pharmakologischen Standpunkte aus von Neuem einer eingehenden Untersuchung unterworfen und die recht bemerkenswerthen Ergebnisse in seiner Arbeit „Ueber Quillajasäure" veröffentlicht[3]). Vor allem hat er darin klargelegt, dass *die Rochleder-Payr'sche Methode der Reinigung des Saponins durch Fällung mit Baryt pharmakologisch werthlos ist,* indem sie die Wirksamkeit des Saponins mehr oder weniger aufhebe. Zweitens bewies er, dass *auch das Stütz'sche Reinigungsverfahren die Giftigkeit des Saponins aufhebe.* Drittens machte Kobert eine wichtige anderweitige Entdeckung. Früher betrachtete man nämlich bei der Bereitung des Saponins nur den Niederschlag, welcher sich in der Kälte aus dem Alkohol aus-

---

[1]) Ed. Stütz, Annalen der Chemie, Bd. **218**, 1883, p. 231.

[2]) Dragendorff, Beiträge zur gerichtlichen Chemie einzelner organischen Gifte, 1872, p. 48.

[3]) Kobert, Archiv für exper. Pathol. u. Pharmakol., Bd. **23**, 1887, p. 233.

schied, das Filtrat wurde nie benutzt. Kobert untersuchte aber letzteres an Thieren und fand dabei, dass auch dieses sehr giftig ist. Auf Grundlage dessen gelangte Kobert zum Schlusse, *dass das Saponin der verschiedenen Autoren, wenigstens wenn es aus Quillajarinde gewonnen wird, kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemisch von mindestens zwei, nach der Schrader'schen Methode schlecht trennbaren Substanzen ist,* von denen keine als Verunreinigung angesehen werden kann, sondern die vielleicht Glieder einer Reihe sind. Schliesslich untersuchte Kobert beide giftigen Stoffe, erfand eine besondere Methode ihrer vollkommenen Isolirung und nannte den einen Quillajasäure und den andern Sapotoxin. Wir werden die darauf bezüglichen Arbeiten seiner Schüler noch zu besprechen haben.

Ueber die Darstellung und Reinigung des Saponins aus den Samen von Sapindus Saponaria hat die Literatur fast gar nichts aufzuweisen. Radlkofer, der die Seifennüsse untersucht hat, giebt keine Darstellungsmethode an. Auch über die Darstellung des Saponin der Wurzel von Chamaelirium luteum findet sich nur eine Angabe; Greene[1]), der erste und einzige, der die Wurzel einer chemischen Analyse unterwarf, benutzte folgende Methode zur Darstellung: Die zerkleinerte Wurzel wird mit kaltem destillirtem Wasser ausgezogen, der filtrirte Auszug aus dem Dampfbade zur Hälfte eingedunstet, mit MgO versetzt und das Eindunsten bis zur Trockne der Masse fortgesetzt. Die Magnesiamasse wird zu einem Pulver verrieben und mit absolutem Alkohol ausgekocht, der Alkohol abfiltrirt und auf dem Wasserbade verdunstet. Wir wollen diese Methode, welche uns noch öfter beschäftigen wird, im Gegensatz zu der Blei- und Barytmethode als die Magnesiamethode bezeichnen.

II. Eigene Darstellung von drei Saponinsubstanzen.

1. Darstellung der Saponinsubstanz aus der Radix Saponariae albae.

Die von mir benutzte Darstellungsmethode für das Sapotoxin der weissen Seifenwurzel war theils dieselbe, welche Kobert und sein Schüler Pachorukow[2]) zur Darstellung von Sapotoxin aus der Quillajarinde benutzt haben, theils war es die Magnesiamethode von Greene.

a) Darstellung nach der Bleimethode von Kobert und Pachorukow.

200 g klein zerschnittener Wurzel wird je 1 Stunde lang mit 2 Liter Wasser auf freiem Feuer im Kessel gekocht. Die auf diese Weise erhaltenen wässrigen Decocte werden sodann vereinigt und mit

[1]) Greene, American Journal of Pharmacy, Vol. 50 [vierte Reihe, Bd. 8], 1878, p. 250 und 465.

[2]) Pachorukow, diese Institutsarbeiten, Bd. 1, 1888, p. 4.

neutralem Bleiacetat im Ueberschuss versetzt. Es entsteht dabei eine reichliche grau-braune Fällung, welche keine der Quillajasäure analoge Substanz enthält, sondern zum grössten Theil aus unorganischen Salzen und Farbstoffen besteht. Nach Absetzen des Niederschlags wird filtrirt und der Filterrückstand anfangs mit bleiacetathaltigem Wasser, dann mit reinem Wasser ausgewaschen. Die Waschwässer werden mit dem ersten Filtrat vereinigt, welches eine ganz helle, vollkommen durchsichtige Flüssigkeit darstellt. Nachdem man sich überzeugt hat, dass darin neutrales Bleiacetat keinen Niederschlag mehr giebt, wird die Flüssigkeit auf dem Dampfbade concentrirt, nochmals mit Bleiacetat geprüft und sodann mit einem Ueberschuss von Bleiessig versetzt. Es scheidet sich dabei ein ziemlich voluminöser, weisser Niederschlag aus, der aus einer Verbindung von Sapotoxin mit Bleioxyd besteht. Das Filtrat enthält jetzt nichts Saponinartiges mehr, sondern nur noch das von Arthur Meyer[1]) in den Silenaceaen aufgefundene Lactosin. Der von der Flüssigkeit abfiltrirte Niederschlag wird auf dem Filter erst mit Wasser, dann mit verdünntem und endlich mit absolutem Alkohol gewaschen. Das Waschen wird so lange fortgesetzt, bis eine Probe des Filtrats bei Zusatz von ammoniakalischem Bleiessig sich nicht mehr trübt. Hierauf wird der Niederschlag vorsichtig gesammelt, die Hauptmenge des Bleies durch Schwefelsäure und der Rest aus dem Filtrat des Bleisulfatniederschlags durch Einleiten von Schwefelwasserstoff und darauffolgendes Filtriren entfernt. Das Filtrat des Schwefelwasserstoffniederschlags, welches eine etwas gelbliche Farbe hat, wird auf dem Dampfbade bis zur Syrupsconsistenz gebracht und sodann in ein Gemisch aus 1 Th. Chloroform und 4 Th. absolutem Alkohol heiss aufgenommen[2]). Der grösste Theil des Sapotoxins geht dabei sofort in Lösung, während die Verunreinigungen ungelöst zurückbleiben. Die heiss filtrirte sapotoxinhaltige Lösung wird nach dem Abkühlen so lange mit Aether versetzt, als noch ein Niederschlag entsteht. Dieser Niederschlag wird abfiltrirt, im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet und zu einem feinen Pulver verrieben. Es stellt ein weissliches Pulver dar, welches wir zum Unterschied von dem Sapotoxin der Quillajarinde, mit dem es ausserordentliche chemische Aehnlichkeit hat, vorläufig levantisches Sapotoxin nennen wollen.

Mit dem aus neutralem Bleiacetat erhaltenen Niederschlag wurde auf dieselbe Weise verfahren; er ergab aber, wie schon erwähnt, keine Saponinsubstanz.

b) Darstellung nach der Magnesiamethode von Greene.

100 g fein zerschnittene Wurzel wird 5mal je 1 Stunde lang auf offenem Feuer in einem Kessel mit 1 Liter Wasser gekocht, die filtrirten Auszüge vereinigt, bis zur Hälfte auf dem Dampfbade eingedunstet, mit Magnesia usta versetzt und dann zur Trockne gebracht. Die trockene gepulverte Masse wird mit absolutem Alkohol ausgekocht.

---

[1]) Arthur Meyer, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Jahrg. 17, 1884, p. 685.

[2]) Die von Pachorukow (l. c. p. 5) angegebene Mischung von 4 Th. Chloroform und 1 Th. Alkohol ist hier weniger practisch als die meinige.

Beim Erkalten der Abkochung scheidet sich das Saponin in weissen Flocken aus. Letztere werden in einer möglichst kleinen Menge Wassers zum Syrup gelöst, dieser in heissem absolutem Alkohol aufgenommen und mit Aether aus dieser Lösung nach dem sofortigen Filtriren ausgefällt.

2. Darstellung der Saponinsubstanz aus den Samen von Sapindus Saponaria.

a) Darstellung nach der Bleimethode von Kobert und Pachorukow.

200 g Sapindusnüsse werden in heissem Wasser aufgeweicht, die Kerne entfernt und die zurückgebiebene Masse mit 2 Liter Wasser 10mal je 1 Stunde lang gekocht. Die erhaltenen wässrigen Decocte werden vereinigt und in gleicher Weise, wie bei der Darstellung des Sapotoxin aus der Radix Saponaria albae verfahren. Eine der Quillajasäure entsprechende Verbindung liess sich ebensowenig als bei der Verarbeitung der weissen Seifenwurzel gewinnen. Nachdem das Blei des Bleiessigniederschlages mittelst Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff entfernt worden ist, wird die Flüssigkeit zur Syrupsconsistenz eingedunstet und nicht mit einem Gemisch aus Alkohol und Chloroform, sondern nur mit absolutem Alkohol ausgekocht. Die heiss filtrirte Flüssigkeit wird nach dem Abkühlen so lange mit Aether versetzt, bis kein Niederschlag mehr entsteht. Der Niederschlag wird abfiltrirt, im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet und zu einem feinen Pulver verrieben, welches eine weissliche Farbe besitzt.

b) Darstellung nach der Magnesiamethode von Greene.

100 g Seifennüsse werden in heissem Wasser aufgeweicht, die Kerne entfernt und die zurückgebliebene Masse mit 1 Liter Wasser 10mal je 1 Stunde lang gekocht. Mit den erhaltenen wässrigen Decocten wird ganz wie vorhin sub b) beschrieben wurde, verfahren und ebenfalls ein weissliches Pulver erhalten.

3. Darstellung der Saponinsubstanz aus der Wurzel von Chamaelirium luteum.

Die zu meinen Versuchen nöthige Menge der Droge wurde in sehr guten Exemplaren Herrn Prof. Kobert von der bekannten Weltfirma Parke, Davis & Comp. in Detroit gratis zur Verfügung gestellt, wofür derselben hiermit bestens gedankt wird.

100 g grob gepulverte Wurzel wird mit 1 Liter Wasser 5mal ausgekocht. Die erhaltenen wässrigen Decocte werden vereinigt, filtrirt, zur Hälfte eingedunstet und mit MgO zur Trockne eingedampft. Es werden etwa je 15 g MgO auf ein Liter Flüssigkeit hinzugegeben. Die vollständig trockene und zu einem feinen Pulver verriebene Masse wird so lange mit absolutem Alkohol ausgekocht, bis das Filtrat nicht mehr gelb erscheint. Die filtrirte Flüssigkeit wird auf dem Dampfbade verdunstet und der Rückstand, der aus gelblich glänzenden

Lamellen besteht, zu einem feinen Pulver verrieben. Dieses ist also das Chamälirin von Greene.

Die zurückgebliebene Magnesiamasse wird sodann mit heissem Wasser behandelt, der filtrirte Auszug wieder mit MgO eingedunstet und die trockene Masse mit absolutem Alkohol extrahirt. Beim Verdunsten des Alkohols ergiebt sich noch eine kleine Menge Chamälirin.

III. Eigenschaften meiner drei Saponinsubstanzen.

Wirkung auf die Sinnesorgane. Alle drei von mir dargestellten Saponinsubstanzen sind dem Aussehen nach amorph und haben eine weissliche oder weiss-gelbe Farbe. Der Geschmack des levantischen Sapotoxins ist anfangs milde, dann brennend und erzeugt für lange Zeit Kratzen im Halse. Der Staub desselben erregt heftiges Brennen in der Nase und Niesen. Das Sapindus-Saponin ist weiss und von demselben Geschmacke wie das genannte Sapotoxin, das Kratzen im Halse hält aber weniger lange an. Der Staub erregt ebenfalls Niesen. Das Chamälirin ist ein weisses, dem Gummi arabicum ähnlich sehendes Pulver, von intensiv bitterem Geschmacke. Selbst bei einer Verdünnung von 1 : 5000 ist der bittere Geschmack noch wahrnehmbar.

Löslichkeitsverhältnisse. In Wasser lösen sich alle drei Substanzen sehr leicht auf; in starkem Weingeist ist das Sapotoxin und das Sapindus-Saponin schwieriger löslich als in schwachem. Das Chamälirin ist auch in starkem Weingeist leicht löslich. In siedendem Alkohol ist das levantische Sapotoxin und das Sapindus-Saponin leichter löslich als in kaltem, aber auch hier in starkem weniger als in schwachem; beim Erkalten fällt es zum grössten Theil wieder aus. In Aether sind alle drei Körper unlöslich, ebenso in Chloroform, Petroläther, Benzin und Schwefelkohlenstoff. Ein Ausschütteln nach der Dragendorff'schen Methode gelingt bei allen drei Substanzen nur sehr unvollkommen, am besten noch beim Chamälirin. Die Löslichkeitsverhältnisse in Aethyl-, Methyl- und Amylalkohol, welche zum Verständniss der Ausschüttelungsmöglichkeit nothwendig sind, sind auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Löslichkeitsverhältnisse der Saponine in Aethylalkohol von 90 % bei 25° C.

Beim Verdunsten geben 10 ccm gesättigter Lösung

levantisches Sapotoxin	Sapindus-Saponin	Sapotoxin	Senegin	Quillajasäure	Chamälirin
0,0026 g = 0,026 %	0,0115 g = 0,115 %	0,0027 g = 0,027 %	0,0269 g = 0,269 %	0,027 g = 0,27 %	Ist leicht löslich.

Löslichkeitsverhältnisse der Saponine in Methylalkohol bei 25° C.

Beim Verdunsten geben 10 ccm gesättigter Lösung

levantisches Sapotoxin	Sapindus-Saponin	Sapotoxin	Senegin	Quillajasäure	Chamälirin
0,007 g = 0,07 %	0,0125 g = 0,125 %	0,007 g = 0,07 %	0,0235 g = 0,235 %	0,032 g = 0,32 %	0,071 g = 0,71 %

Löslichkeitsverhältnisse der Saponine in Amylalkohol bei 25° C.

Beim Verdunsten geben 10 ccm gesättigter Lösung

levantisches Sapotoxin	Sapindus-Saponin	Sapotoxin	Senegin	Quillajasäure	Chamälirin
0,005 g = 0,05 %	0,0066 g = 0,066 %	0,0041 g = 0,041 %	0,009 g = 0,09 %	0,021 g = 0,21 %	0,0542 g = 0,542 %

Ueber die Löslichkeits- und Ausschüttelungsverhältnisse der Saponinsubstanzen sind namentlich von Dragendorff Angaben gemacht worden. So sagt er in seiner „gerichtlich-chemischen Ermittelung von Giften“ (dritte Aufl., Göttingen 1888) auf S. 119: „Chloroform nimmt aus sauren wässrigen Lösungen ausser anderen Stoffen auch Saponin, Githagin und Senegin auf.“ Auf S. 142 heisst es: „In Chloroform wandern vorzugsweise folgende Stoffe über: . . . Saponin, Senegin . . .“ Endlich finden wir auf S. 311 folgende Angabe: „In den Nebenproducten der Saponingewinnung hat Kobert zwei giftige Bestandtheile aufgefunden, welche er Sapotoxin und Quillajasäure genannt hat. Diese letzteren interessiren uns um so mehr, als sie in den käuflichen Saponinen meistens vorhanden sind und wohl grossentheils die Wirkungen derselben erklären. Es ist uns für unsere Zwecke also der Nachweis des Saponins in Objecten gerichtlich-chemischer Untersuchungen nur insofern von Werth, als es uns auf Vergiftungen mit Saponaria, Quillaja und ähnlichen Drogen aufmerksam macht, ohne dass wir gerade berechtigt wären, in ihm das vorzugsweise wirksame Gift derselben, das aber durch Amylalkohol aus sauren Auszügen mit Saponin ausgeschüttelt wird, anzunehmen.“

Wir müssen also als Zusatz zu obigen Angaben constatiren, dass das Sapindus-Saponin, das Senegin, die Quillajasäure, das Quillaja-Sapotoxin, das levantische Sapotoxin und das Chamälirin mit alkoholfreiem Chloroform weder bei saurer, noch bei alkalischer, noch bei neutraler Reaction sich aus wässrigen Lösungen ausschütteln lassen und dass das Ausschütteln mittelst Amylalkohols nur bei Chamälirin allenfalls gut geht, bei den übrigen Substanzen aber recht schwierig ist. Ansäuern der Lösung scheint diese Schwierigkeit nicht zu beseitigen. In Chloroform werden die Substanzen bei tagelangem Kochen am Rückflusskühler zum Theil wohl löslich, aber es fragt sich, ob sie dabei nicht etwa chemisch verändert werden.

Sonstige Eigenschaften. Die wässrigen Lösungen der genannten Substanzen mit Ausnahme der der Quillajasäure reagiren neutral; beim Schütteln entsteht viel Schaum, beim Sapotoxin und Sapindus-Saponin mehr als beim Chamälirin. Noch mehr Schaum bildet sich bei Hinzugabe eines kohlensauren Alkali, von Aetzkali oder Aetznatron oder auch von Ammoniak.

Je concentrirter die wässrigen Lösungen der drei von mir dargestellten Substanzen sind, namentlich des levantischen Sapotoxins und Sapindus-Saponins, desto mehr besitzen sie die Fähigkeit, unlösliche Körper suspendirt zu halten. Schwefelblei z. B. setzt sich in einer wässrigen Lösung, welche eine dieser Substanzen enthält, selbst nach längerem Stehen nicht ab. Alle drei Saponine in wässriger Lösung zersetzen sich beim Stehen an der Luft in nicht sterilen Lösungen recht schnell, wobei es zu reichlicher Pilzbildung kommt.

Unterwirft man wässrige Lösungen der drei Substanzen der Dialyse, so bleibt fast das ganze genommene Quantum in dem Dialysator zurück; es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass diese drei Körper, ebenso wie das Sapotoxin der Quillajarinde zur Reihe der colloiden Körper gehören. Es ist daher wohl nicht meine Ungeschicklichkeit daran Schuld, dass ich keine Krystalle gewinnen konnte.

IV. Reactionen meiner drei Saponinsubstanzen.

1. Reactionen des levantischen Sapotoxins.

Concentrirte Schwefelsäure löst das Sapotoxin anfangs braun; beim Stehen an der Luft geht die Farbe vom Rande aus in Violettroth über.

Fröhde's Reagens färbt es anfangs bräunlich; die Mischung wird dann beim Stehen an einigen Stellen grünlich.

Vanadinschwefelsäuremonohydrat färbt das Sapotoxin nach kurzem Stehen vom Rande aus schön blau.

Rauchende Salpetersäure löst das Sapotoxin mit gelber Farbe auf. Ein Zusatz von doppelt chromsaurem Kali ruft schon in der Kälte ein schönes Grün hervor.

In concentrirter Salzsäure löst sich das Sapotoxin leicht auf. Beim Erwärmen wird die Flüssigkeit trübe und färbt sich dunkler. Bei Zusatz von Wasser scheiden sich weisse Flocken aus.

Concentrirte Essigsäure löst leicht auf, beim Erwärmen bleibt die Lösung unverändert.

Ammoniak löst das Sapotoxin leicht auf. Ein Zusatz von Säuren ruft keine Veränderungen hervor. Ebenso wie Ammoniak verhält sich Kali- und Natronlauge.

Barythydrat giebt mit wässriger Sapotoxinlösung einen voluminösen weissen Niederschlag, der in Wasser löslich ist; ebenso lösen ihn verdünnte Essig- und Salpetersäure.

Eisenchlorid verändert eine wässrige Sapotoxinlösung in der Kälte nicht, beim Erwärmen aber bildet sich eine Trübung.

Sublimatlösung erzeugt beim Erwärmen eine schwache Trübung.

Silbernitrat wird von einer wässrigen Sapotoxinlösung beim Kochen reducirt.

Kaliumhypermanganat wird beim Contact mit Sapotoxin entfärbt.

Neutrales Bleiacetat ruft keine Veränderung hervor; Bleiessig giebt eine weisse Fällung.

Zinnchlorid giebt in der Wärme einen weissen Niederschlag.

Pikrinsäure
Kaliumbichromat
Baryumchlorid
Kupferacetat
} verändern wässrige Sapotoxinlösung nicht.

2. Reactionen des Sapindus-Saponins.

Concentrirte Schwefelsäure löst schön himbeerroth auf.

Fröhde's Reagens löst anfangs das Sapindus-Saponin mit brauner Farbe, welche nach kurzem Stehen violett wird.

Rauchende Salpetersäure löst das Sapindus-Saponin farblos auf; ein Zusatz von Kaliumbichromat ruft eine anfangs braune, dann grün werdende Färbung hervor.

Concentrirte Salzsäure löst in der Kälte farblos, beim Erwärmen wird die Flüssigkeit kirschroth; ein Zusatz von Wasser lässt weisse Flocken ausfallen.

Vanadinschwefelsäuremonohydrat färbt das Sapindus-Saponin anfangs braun, dann braunroth.

Concentrirte Essigsäure löst farblos; in der Wärme bleibt die Lösung unverändert.

In Selenschwefelsäure löst sich das Sapindus-Saponin mit gelber Farbe auf.

Ammoniak, Kali- und Natronlauge lösen das Sapindus-Saponin leicht auf. Ein Zusatz von verdünnten Säuren verändert die Lösung nicht.

Gesättigte Barythydratlösung giebt einen weissen, in Wasser löslichen Niederschlag.

Eisenchloridlösung giebt beim Erwärmen eine Trübung.

Quecksilberchlorid wird beim Kochen mit Sapindus-Saponin getrübt.

Salpetersaures Silber wird beim Kochen unter Ausscheidung von braunen Flocken reducirt.

Kaliumhypermanganat wird von Sapindus-Saponin entfärbt.

Neutrales Bleiacetat giebt keine Fällung, Bleiessig dagegen wohl.

Zinnchlorid giebt in der Wärme eine weisse Fällung.

Pikrinsäure
Kaliumbichromat
Baryumchlorid
Baryumnitrat
Kupferacetat
} verändern wässrige Sapindus-Saponinlösung nicht.

3. Reactionen des Chamälirins.

Concentrirte Schwefelsäure färbt das Chamälirin anfangs braun; nach kurzem Stehen geht die braune Farbe in eine dunkelviolette über.

Vanadinschwefelsäuremonohydrat färbt das Chamälirin dunkelviolett.

Vanadinschwefelsäuredihydrat färbt kirschroth.

Fröhde's Reagens färbt anfangs braun, dann vom Rande aus violett.

Selenschwefelsäure färbt Chamälirin schön roth.

Concentrirte Salpetersäure löst Chamälirin farblos auf; ein Zusatz von Kaliumbichromat verursacht in der Kälte eine braune, beim Erwärmen eine grüne Färbung.

Concentrirte Salzsäure löst Chamälirin farblos; beim Erwärmen wird die Lösung dunkler, ein Zusatz von Wasser verursacht eine Abscheidung von schwarzen Flocken.

Concentrirte Essigsäure giebt eine farblose Lösung.

Ammoniak löst Chamälirin leicht auf. Ein Zusatz von verdünnten Säuren ruft weder beim Kochen noch in der Kälte eine Veränderung hervor.

Kali- und Natronlauge lösen das Chamälirin leicht auf und ein Zusatz von verdünnten Säuren ruft auch beim Kochen keine Veränderung hervor.

Barythydrat (heiss gesättigt) giebt einen weissen voluminösen Niederschlag, der in Wasser sich leicht auflöst.

Eisenchlorid und Quecksilberchlorid verändern eine wässrige Chamälirinlösung auch beim Kochen nicht.

Silbernitrat wird beim Erwärmen reducirt.

Kaliumhypermanganat wird entfärbt.

Neutrales Bleiacetat giebt keine Fällung.

Bleiessig giebt einen weissen Niederschlag.

Zinnchlorid giebt beim Erwärmen mit Chamälirinlösung eine weisse Fällung.

Pikrinsäure
Kaliumbichromat
Baryumchlorid
Baryumnitrat
Kupferacetat } verändern wässrige Chamälirinlösung nicht.

V. Quantitative Zusammensetzung einiger Saponinsubstanzen.

Alle Elementaranalysen habe ich im Platinschiffchen im offenen Rohre mit Kupferoxyd ausgeführt. Die Verbrennung erfolgte sehr langsam, so dass ein Wasserverlust durch zu schnelle Wasserentwickelung nicht möglich war. Zu Anfang der Verbrennung wurde ein lang-

samer Strom von Luft und, sobald sich Kohle bildete, von Sauerstoff durch das Verbrennungsrohr geleitet. Zuletzt wurden durch einen Luftstrom die letzten Reste der Verbrennungsgase aus dem glühenden Kupferoxyd ausgetrieben.

Alle im Nachstehenden zu Analysen verwandten Präparate waren bei 110° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocknet. Die bei der Verbrennung erhaltenen geringen Aschenmengen wurden von den Verbrennungssubstanzen bei der Berechnung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs vorher abgezogen, so dass die nachstehenden Gewichtsmengen sich also stets auf trockene, aschenfrei gerechnete Substanzen beziehen.

Die Ergebnisse der Elementaranalysen sind folgende.

1. Levantisches Sapotoxin.

Ich führe erst die Zahlen, wie sie direct gefunden wurden, und am Schluss die procentische Umrechnung derselben an. Nur die Asche (bei den ersten 6 Analysen 0,85 %) ist bereits in Abrechnung gebracht.

Analyse 1. 0,324 Substanz ergab
0,5921 CO^2 = 0,1615 C und
0,1993 H^2O = 0,0261 H.

Analyse 2. 0,234 Substanz ergab
0,4231 CO^2 = 0,1154 C und
0,1450 H^2O = 0,0161 H.

Analyse 3. 0,2861 Substanz ergab
0,5262 CO^2 = 0,1435 C und
0,1790 H^2O = 0,0199 H.

Analyse 4. 0,362 Substanz ergab
0,6564 CO^2 = 0,1790 C und
0,2252 H^2O = 0,0250 H.

Analyse 5. 0,325 Substanz ergab
0,5895 CO^2 = 0,1608 C und
0,2041 H^2O = 0,0227 H.

Analyse 6. 0,291 Substanz ergab
0,5291 CO^2 = 0,1443 C und
0,1790 H^2O = 0,0199 H.

Analyse 7. 0,2021 durch Regeneration aus der Acetylverbindung erhaltene Substanz ergab 0,0072 = 3,5 % Asche, sowie
0,3715 CO^2 = 0,1023 C und
0,1245 H^2O = 0,0138 H.

Analyse 8. 0,314 durch Barytfällung erhaltene Substanz ergab bei der Verbrennung 0,0067 = 2,15 % Asche, sowie
0,5748 CO^2 = 0,1568 C und
0,1937 H^2O = 0,0215 H.

Die procentische Umrechnung dieser Analysen bietet die nachstehende Tabelle.

Nummer der Analyse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Procentgehalt an C	49,84	49,31	50,15	49,45	49,44	49,58	50,61	49,92
Procentgehalt an H	6,83	6,88	6,94	6,91	6,97	6,83	6,84	6,85
Procentgehalt an O	43,33	43,81	42,91	43,64	43,59	43,59	42,55	43,23
Summa	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Einen Vergleich der aus allen acht Analysen sich ergebenden Durchschnittswerthe mit den für die Formel $C^{17}H^{28}O^{11}$ berechneten Werthen ergiebt folgende Tabelle.

Levantisches Sapotoxin	Gefunden als Mittel aus 8 Analysen	Berechnet für die Formel $C^{17}H^{28}O^{11}$
Procentgehalt an C	**49**,79	**50**,00
Procentgehalt an H	**6**,88	**6**,87
Procentgehalt an O	**43**,33	**43**,13
Summa	**100**,00	**100**,00

Die gefundenen Durchschnittswerthe schienen mir anfangs der Formel $C^{17}H^{27}O^{11}$ zu entsprechen, welche 50,12 % C, 6,64 % H und 43,24 % O verlangt; aus Gründen, welche weiter unten noch dargethan werden sollen, veranlasste mich jedoch Prof. Kobert, der obigen Formel den Vorzug zu geben.

2. Sapindus-Saponin (Sapotoxin).

Die Asche, welche auch hier in Abrechnung gebracht worden ist, betrug bei keiner Analyse über 1,3 %.

Analyse 1. 0,2045 Substanz ergab
0,3785 CO^2 = 0,10323 C und
0,136 H^2O = 0,015 H.

Analyse 2. 0,2545 Substanz ergab
0,472 CO^2 = 0,1287 C und
0,167 H^2O = 0,0186 H.

Analyse 3. 0,260 Substanz ergab
0,4879 CO^2 = 0,1331 C und
0,1720 H^2O = 0,0191 H.

Analyse 4. 0,274 Substanz ergab
0,5140 CO^2 = 0,1402 C und
0,1813 H^2O = 0,0201 H.

Analyse 5. 0,3151 Substanz ergab
0,5849 CO^2 = 0,1595 C und
0,2084 H^2O = 0,0231 H.

Die procentische Umrechnung dieser Analysen bietet die nachstehende Tabelle.

Nummer der Analyse		I	II	III	IV	V
Procentgehalt an	C	50,47	50,580	51,17	51,12	50,61
	H	7,38	7,318	7,34	7,35	7,34
	O	42,15	42,112	41,49	41,53	42,05
Summa		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ich habe Grund anzunehmen, dass die Analysen 3 und 4 den Kohlenstoffgehalt am richtigsten wiedergeben. Unter Berücksichtigung dieser Thatsache dürfte die mir von Prof. Kobert vorgeschlagene Formel $C^{34}H^{54}O^{21}$ vielleicht die entsprechende sein:

Sapindus-Sapotoxin		Gefunden als Mittel aus 5 Analysen	Berechnet für die Formel $C^{34}H^{54}O^{21}$
Procentgehalt an	C	50,79	51,13
	H	7,34	6,77
	O	41,87	42,10
Summa		100,00	100,00

Ich hatte anfangs die Formel $C^{16}H^{29}O^{10}$ berechnet, welche 50,40 % C, 7,61 % H und 41,99 % O verlangt, möchte jedoch der obigen den Vorzug geben, über deren Deutung ich noch sprechen werde.

3. Chamälirin.

Die Asche betrug hier 1,8 %.

Analyse 1. 0,228 Substanz ergab
0,456 CO^2 = 0,1243 C und
0,173 H^2O = 0,0192 H.

Analyse 2. 0,2055 Substanz ergab
0,417 CO^2 = 0,1140 C und
0,155 H^2O = 0,0172 H.

Analyse 3. 0,204 Substanz ergab
0,4136 CO^2 = 0,1128 C und
0,1478 H^2O = 0,0164 H.

Analyse 4. 0,301 Substanz ergab
0,608 CO^2 = 0,1658 C und
0,226 H^2O = 0,0254 H.

Analyse 5. 0,261 Substanz ergab
0,5240 CO^2 = 0,1429 C und
0,1893 H^2O = 0,0210 H.

Nummer der Analyse	I	II	III	IV	V
Procentgehalt an C	54,51	55.47	55.29	55,07	54,75
Procentgehalt an H	8,42	8.36	8,04	8.33	8,05
Procentgehalt an O	37,07	36,17	36,67	36,60	37,20
Summa	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Chamälirin	Gefunden als Mittel aus 5 Analysen	Berechnet für die Formel $C^{18}H^{32}O^{9}$	Berechnet für die Formel $C^{36}H^{62}O^{18}$
Procentgehalt an C	**55,02**	**55,10**	**55,24**
Procentgehalt an H	**8,24**	**8,16**	**7,93**
Procentgehalt an O	**36,74**	**36,74**	**36,83**
Summa	**100,00**	**100,00**	**100,00**

4. Quillajasäure, von E. Merck bezogen.

Der Aschengehalt dieses Präparates betrug 0,9 %.

Analyse 1. 0,2546 Substanz ergab
$0,5165\ CO^2 = 0,1409$ C und
$0,1702\ H^2O = 0,0189$ H.

Analyse 2. 0,2105 Substanz ergab
$0,4290\ CO^2 = 0,1170$ C und
$0,1378\ H^2O = 0,0153$ H.

Analyse 3. 0,2913 Substanz ergab
$0,5926\ CO^2 = 0,1616$ C und
$0,1911\ H^2O = 0,2123$ H.

Nummer der Analyse	I	II	III
Procentgehalt an C	55,32	55,58	55,47
Procentgehalt an H	7,42	7,27	7,32
Procentgehalt an O	37,26	37,15	37,21
Summa	100,00	100,00	100,00

Quillajasäure Merck	Gefunden als Mittel aus 3 Analysen	Berechnet für die Formel $C^{20}H^{32}O^{10}$
Procentgehalt an C	**55,46**	**55,56**
Procentgehalt an H	**7,34**	**7,41**
Procentgehalt an O	**37,20**	**37,03**
Summa	**100,00**	**100,00**

5. Sapotoxin, von E. Merck bezogen.

Dieses sehr schöne, schneeweisse Präparat erwies sich fast aschefrei.

Analyse 1. 0,296 Substanz ergab
$0,5450\ CO^2 = 0,1486$ C und
$0,1771\ H^2O = 0,0197$ H.

Analyse 2. 0,233 Substanz ergab
$0,425\ CO^2 = 0,1159$ C und
$0,145\ H^2O = 0,0161$ H.

Analyse 3. 0,255 Substanz ergab
$0,4673\ CO^2 = 0,1274$ C und
$0,1543\ H^2O = 0,0171$ H.

Analyse 4. 0,325 Substanz ergab
$0,595\ CO^2 = 0.1623$ C und
$0,198\ H^2O = 0,0220$ H.

Nummer der Analyse		I	II	III	IV
Procentgehalt an	C	50,21	49,75	49,97	49,92
	H	6.64	6,91	6,72	6,76
	O	43,15	43.34	43,31	43,32
Summa		100.00	100,00	100,00	100.00

Sapotoxin Merck		Gefunden als Mittel aus 4 Analysen	Berechnet für die Formel $C^{17}H^{28}O^{11}$
Procentgehalt an	C	**49**,96	**50**,00
	H	**6**,76	**6**,87
	O	**43**,28	**43**,13
Summa		**100**,00	**100**,00

6. Senegin, von E. Merck bezogen.

Das Präparat war stark gelb gefärbt, ja fast braun und enthielt 2,2 % Asche.

Analyse 1. 0,281 Substanz ergab
$0,5322\ CO^2 = 0,1451$ C und
$0,1835\ H^2O = 0,0204$ H.

Analyse 2. 0,2021 Substanz ergab
$0,3820\ CO^2 = 0,1042$ C und
$0,1351\ H^2O = 0,0150$ H.

Analyse 3. 0,2461 Substanz ergab
$0,4694\ CO^2 = 0,1280$ C und
$0,1623\ H^2O = 0,0180$ H.

Nummer der Analyse		I	II	III
Procent-gehalt an	C	51,65	51,77	52,01
	H	7,25	7,45	7,32
	O	41,10	40,78	40,67
Summa		100,00	100,00	100,00

Das Präparat war, wie spätere Untersuchungen meines Commilitonen W. v. Schulz zeigten, nicht ganz einheitlich zusammengesetzt; es ist daher auch nicht zu erwarten, dass die aus den Analysen sich ergebenden Durchschnittszahlen genau zu einer Formel passen. Mir scheint die in nachstehender Tabelle angeführte noch die wahrscheinlichste, obwohl eine andere, nämlich $C^{22}H^{37}O^{13}$, welche 51,86 % C, 7,27 % H und 40,87 % O verlangt, auf den ersten Blick besser passt. Ich betone jedoch nochmals, dass hier neue Analysen gemacht werden müssen, welche in unserem Institute auch bereits in Angriff genommen sind.

Senegin Merck		Gefunden als Mittel aus 3 Analysen	Berechnet für die Formel $C^{17}H^{26}O^{10}$
Procent-gehalt an	C	51,81	52,31
	H	7,34	6,67
	O	40,85	41,02
Summa		100,00	100,00

Funaro[1]) fand kürzlich bei der Verbrennungsanalyse seines Senegins C = 54,13 % und H = 7,45 %; wie aber aus seiner Darstellungsmethode ersichtlich ist, hatte auch er nicht reines Senegin in Händen, sondern ein Gemisch von Senegin und Polygalasäure[2]); letztere aber ist vermuthlich reicher an Kohlenstoff als das Senegin und daher entstammt der grössere Kohlenstoffgehalt jener Analyse.

7. Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse.

Einer deutlichen Uebersicht wegen will ich zunächst auf folgender Tabelle die procentische Zusammensetzung der verschiedenen analysirten Saponinsubstanzen nach den wichtigsten Autoren neben meinen eigenen Zahlen anführen.

---

[1]) Funaro, Ueber das Senegin, das Glycosid der Polygala virginiana oder P. Senega. Gazetta chimica italiana 19, 21—24. Chemisches Centralblatt 1889, Bd. 1, Nr. 20.

[2]) Nach Kobert und Atlass (diese Institutsarbeiten 1, 1887, p. 57) sind die Begriffe Senegin und Polygalasäure vielleicht nicht identisch. Herr W. v. Schulz wird darüber demnächst sich weiter verbreiten.

Tabelle der procentischen Zusammensetzung der verschiedenen analysirten Saponinsubstanzen.

Substanz	Autor	C	H	O
Saponin der Radix Saponar. rub.	Overbeck	46,82	7.29	45,89
	Bolley	48,58	6,75	44,67
	Christophsohn	54.52	8.33	37.15
	Schiaparelli	52.65	7.36	39.99
Saponin der levant. Seifenwurzel	Bussy	51,00	7,40	41,60
	Rochleder u. Schwarz	52,54	7,23	40,23
	„ „	53.20	7,64	39.16
	Rochleder u. v. Payr	52.77	7.44	39.77
	Natanson	52,46	7.13	40,41
	Christophsohn	54,28	8.32	37.39
	Kruskal	49.79	6.88	43.33
Saponin der Samen von Agrostemma Githago	Crawfurd	50,72	7,44	41,84
	Natanson	49.85	7,40	42.75
	Christophsohn	54.45	8,36	37,19
Saponin der Radix Sarsaparillae	Henry	62.80	9.80	27.40
	Peterson	62,80	9,40	27,80
	Poggiali	62.30	8,70	29,00
	Klunge	62,61	8,88	28,51
	„	60,78	8.94	30,28
	„	59,57	8,90	31,53
	„	56,80	8,27	34,93
Melanthin d. Samen von Nigella sat.	K. G. Greenish	62,43	9.07	28,50
Digitonin der Digitalisblätter	Schmiedeberg	53.20	7.60	39.20
	Paschkis	55,32	7,48	37,20
	Kiliani	55.60	7,70	36,70
Saponin der Quillajarinde	Christophsohn	54,43	8,22	37,32
	Stütz	54,70	7,40	37,90
Quillajasäure	Kobert	54,31	7,07	38,62
	Kruskal	55.46	7,34	37.21
Quillajasapotoxin von Kobert	Kobert	50,2—52,0	6,3—6,8	43,5—41,2
Quillajasapotoxin von Merck	„	51,5—52,1	7.3—7,5	41.2—40,4
	Kruskal	49.96	6,76	43,28
Cyclamin	de Luca	54,50	9,10	36,40
	Mutschler	55.49	7.83	36,68
Chamälirin	Kruskal	55,02	8,24	36,74
Sapindus-Saponin	Kruskal	50,79	7,34	41,87
Saponin der Senegawurzel	Quévenne	55,70	7,52	36,77
	Bolley	53,58	6,23	40,19
	Funaro	54,13	7,45	38,42
Senegin Merck	Kruskal	51,81	7,34	40,85

Dass von einer Identität aller dieser Saponinsubstanzen nicht die Rede sein kann, zeigt schon der erste Blick auf obige Tabelle. Wenn sie aber auch nicht alle identisch sind, so könnten doch wenigstens

immer mehrere zu je einer Reihe homologer Glieder gehören. Den ersten Versuch einer derartigen Classification der Saponinsubstanzen hat Flückiger[1]) gemacht. Seine allgemeine Formel ist

$$C^{n} H^{2n-10} O^{18}.$$

In diese Reihe stellt unser Autor ein Saponin von der Formel $C^{32}H^{54}O^{18}$, ferner das Digitonin von Schmiedeberg[2]) mit der Formel $C^{33}H^{56}O^{18}$, sowie endlich zwei Arten von Parillin mit den Formeln $C^{40}H^{70}O^{18}$ und $C^{48}H^{86}O^{18}$. Aus den von mir analysirten Substanzen lässt sich nur eine herausfinden, welche ohne Zwang in diese Reihe passt, nämlich das Chamälirin, wenn man ihm die Formel $C^{36}H^{62}O^{18}$ zuschreibt.

Die übrigen von mir analysirten Substanzen scheinen Prof. Kobert in eine andere Reihe zu gehören, für welche dieser Autor die allgemeine Formel

$$C^{n} H^{2n-8} O^{10}$$

aufgestellt hat. Aus dieser Reihe scheinen uns bereits vier Glieder bekannt zu sein.

1) Setzen wir $n = 30$, so erhalten wir $C^{30}H^{52}O^{10}$, d. h. eine Formel, welche Petersen und Henry[3]) für ihr Parillin aufgestellt haben, die man aber auch für das von Henry G. Greenish[4]) analysirte Melanthin gelten lassen kann.

n = 30		Durchschnittswerthe aller Analysen für das Parillin von Henry	Parillin von Peterson	Melanthin von Greenish	Verlangt für die Formel $C^{30}H^{52}O^{10}$
Procentgehalt an	C	62.80	62.80	62,43	62,50
	H	9.80	9,40	9,07	9,72
	O	27,40	27.80	28,50	27.78
Summa		100.00	100,00	100,00	100,00

Dass der Kohlenstoffgehalt bei beiden Autoren für das Parillin um 0,3 % zu hoch gefunden wurde, könnte sich wohl leicht daraus erklären lassen, dass die bei der Darstellung des Parillins sehr leicht entstehenden und schwer zu entfernenden Zersetzungsproducte (Parigenin) an Kohlenstoff reicher sind als das Parillin.

2) Setzen wir $n = 20$, so erhalten wir $C^{20}H^{32}O^{10}$. Zu dieser Formel passen die Werthe, welche Mutschler[5]) für das Cyclamin, sowie H. Paschkis[6]) und H. Kiliani[7]) für das Digitonin gefunden

---

[1]) Archiv der Pharmacie Bd. **210** (der dritten Reihe Bd. **10**), 1877, p. 532.

[2]) Archiv für exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. **3**, 1875, p. 16.

[3]) Ich gehe auf die Parillinlitteratur hier nicht ein, weil dieselbe demnächst in diesen Institutsarbeiten ausführlich besprochen wird.

[4]) The Pharmaceutical Journal, May 15 and June 19, 1880.

[5]) Die Litteratur über Cyclamin siehe bei N. Tufanow in diesen Institutsarbeiten **1**, 1888, p. 100.

[6]) Medic. Jahrbücher, herausg. von der Ges. d. Aerzte in Wien. Neue Folge, Jahrg. 1888, p. 195.

[7]) Bericht der deutsch. chem. Ges., Jahrg. **23**, 1890, I, p. 1555.

haben, während die älteren Analysen von Schmiedeberg einen niedrigeren Kohlenstoffgehalt ergeben und zu einer Substanz der Flückiger'schen Reihe passen (siehe oben).

n = 20		Durchschnittswerthe aller Analysen für das				Verlangt für die Formel $C^{20}H^{32}O^{10}$
		Cyclamin von Mutschler	Digitonin von Paschkis	Digitonin von Kiliani	Quillajasäure Merck von Kruskal	
Procentgehalt an	C	55,49	55,32	55,60	55,52	55,56
	H	7,83	7,48	7,70	7,46	7,41
	O	36,68	37,20	36,70	37,02	37,03
Summa		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Von meinen eigenen Analysen passen die für eine von E. Merck bezogene Quillajasäure gewonnenen Zahlen hierher. E. Merck hat seine Präparate der Quillajasäure, unabhängig von meinen Untersuchungen, ebenfalls analysirt, wobei sich ergab, dass seine Präparate von zweierlei Zusammensetzung sind. Bei der Analyse des einen bekam er 55,49 % C und 7,26 % H, was zu obiger Formel passen dürfte. Bei zwei anderen erhielt er Werthe, welche sich den von Kobert für seine Quillajasäure gewonnenen sehr nahe stellen. Vor der Hand sei hier nur constatirt, dass es zwei Sorten von Quillajasäure giebt. Von der zweiten werden wir gleich noch zu reden haben. Auch in der Senegawurzel muss man, wie Kobert und Atlass betonen, mindestens zwei wirksame Stoffe unterscheiden. Den einen derselben, die Polygalasäure, scheint Quevenne[1]) in den Händen gehabt zu haben, wenigstens fand er für sein acide polygalique 55,70 % C und 7,53 % H, so dass wir also zu der Formel $C^{20}H^{32}O^{10}$ folgende Substanzen rechnen dürfen: 1) das Cyclamin, 2) ein Digitonin, 3) ein Parillin, 4) eine Sorte Quillajasäure, 5) eine Sorte Polygalasäure. Natürlich fällt es mir nicht im Entferntesten ein, alle diese Stoffe für identisch halten zu wollen; ich constatire nur, dass sie nach den vorliegenden Analysen gleiche procentische Zusammensetzung ergeben.

3) Setzen n = 19, so erhalten wir $C^{19}H^{30}O^{10}$. Dies ist die von E. Stütz für sein reinstes Saponin aus der Quillajarinde aufgestellte Formel. Sie wurde bekanntlich von Kobert auf Grund von 11 Analysen auch für seine Quillajasäure acceptirt. Zu derselben passen drittens aber auch zwei Analysen, welche E. Merck mit einem von ihm selbst dargestellten zweiten Präparate von Quillajasäure angestellt hat, sowie viertens die Analysen, welche Funaro von seinem vermeintlichen Senegin veröffentlicht hat, welches demnach richtiger als eine Art Polygalasäure zu bezeichnen sein dürfte.

---

[1]) Journal de pharmacie, T. **22**, 1836, p. 460; T. **23**, 1837, p. 270.

n = 19	Durchschnittswerthe aller Analysen für Saponin von Stütz	Quillajasäure von Kobert	Quillajasäure von E. Merck	Polygalasäure von Funaro	Verlangt für die Formel $C^{19}H^{30}O^{10}$
Procentgehalt an C	54,6—54.9	54,31	54,5—54.6	54,13	54,54
Procentgehalt an H	7,3—7,5	7,07	6.9—7,1	7,45	7,18
Procentgehalt an O	—	38,62	—	38,42	38,28
Summa	—	100,00	—	100,00	100,00

Wir müssen demnach den bis jetzt vorliegenden Analysen zufolge eine Quillajasäure und eine Polygalasäure von der Formel $C^{20}H^{32}O^{10}$, sowie eine andere Quillajasäure und eine andere Polygalasäure von der Formel $C^{19}H^{30}O^{10}$ unterscheiden. Wahrscheinlich wird sich bei noch weiteren Analysen ergeben, dass die beiden Quillajasäuren mit den beiden Polygalasäuren, wenn nicht identisch, so doch isomer sind. Es werden dann also nur zwei Säuren übrig bleiben, von denen die eine das Methylderivat der andern ist. Von den durch mich analysirten Substanzen passt keine in obige Gruppe.

4) Setzen wir n = 17, so ergiebt sich $C^{17}H^{26}O^{10}$. Ich habe schon S. 27 mich mit aller Reserve dahin ausgesprochen, dass dieser Formel vielleicht das Senegin von Merck entspricht, welches ich analysirt habe. Ich würde diese Formel nicht gewagt haben aufzustellen, wenn ihr nicht auch ein Saponin entspräche, welches Rochleder und Schwarz[1]) aus der Saponaria rubra und der Saponaria alba dargestellt haben.

n = 17	Durchschnittswerthe der Analysen für das Saponin von Rochleder u. Schwarz	Senegin Merck von Kruskal	Verlangt für die Formel $C^{17}H^{26}O^{10}$
Procentgehalt an C	52,54	51,81	52,31
Procentgehalt an H	7,26	7,34	6,67
Procentgehalt an O	40,30	40,85	41,02
Summa	100,00	100,00	100,00

Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung der gefundenen Zahlen mit den für unsere Formel berechneten eine nur mangelhafte, welche, wie ich schon S. 27 betont habe, eine Wiederholung der Analysen fordert. Ich möchte nur bemerken, dass die Differenz sich schon durch ein ungenügendes Trocknen der Substanz wohl erklären lassen könnte. Prof. Kobert und ich haben nämlich gefunden, dass gerade die Substanzen dieser Gruppe, von denen ich gleich noch mehrere zu nennen haben werde, das letzte Molekül Wasser besonders fest ge-

[1]) Wien. Akad. Ber., Bd. **11**, 1867, p. 335; Journ. f. prakt. Chemie, Bd. **60**, p. 291.

bunden halten, so dass es nur beim Trocknen bis zur beginnenden Bräunung in der Hitze (110—120° C.) des Vacuums völlig entweicht. So kommt es, dass ich für das Sapotoxin der Quillajarinde und für das der levantischen Seifenwurzel die Formel $C^{17}H^{28}O^{11}$ gefunden habe, welche wir nach obigen Auseinandersetzungen wohl in folgender Weise schreiben dürfen:

$$C^{17}H^{28}O^{11} = C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O.$$

Eine Substanz von dieser Zusammensetzung hat offenbar auch Bussy[1]) unter den Händen gehabt und zuerst als Saponin der weissen Seifenwurzel beschrieben. Einen Vergleich meiner Zahlen mit denen von Bussy und mit den für unsere Formel mit einem Molekül Wasser gestattet die nachfolgende Tabelle:

n = 17	Durchschnittswerthe aller Analysen für das: Saponin der weissen Seifenwurzel von Bussy	levantische Sapotoxin von Kruskal	Quillaja-Sapotoxin Merck von Kruskal	Verlangt für die Formel $C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O$
Procentgehalt an C	50,00	49,79	49,96	50,00
Procentgehalt an H	7,40	6,88	6,76	6,87
Procentgehalt an O	42,60	43,33	43,28	43,13
Summa	100,00	100,00	100,00	100,00

Zwischen der Formel $C^{17}H^{26}O^{10}$ und der hydratischen $C^{17}H^{28}O^{11}$ liegt eine weitere:

$$C^{34}H^{54}O^{21} = 2\ C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O.$$

Auch zu dieser passende Analysen liegen mir vor. Sie beziehen sich zum Theil auf Sapotoxin von Kobert, zum Theil auf Sapotoxin von Merck und zum Theil auf Sapindus-Saponin, welches dadurch auch als ein Sapotoxin characterisirt ist. Nur die letzteren stammen von mir. Prof. Kobert hat schon vor längerer Zeit das von ihm entdeckte Sapotoxin analysirt, die gefundenen Zahlen aber nur summarisch in der Realencyklopädie der Pharmacie[2]) angeführt. Die Kobert'schen Zahlen im Einzelnen sind deshalb werthvoll, weil sie sich auf drei zu verschiedener Zeit von ihm hergestellte Präparate beziehen, und weil ein drittes von E. Merck dargestelltes Präparat im Merck'schen Laboratorium unabhängig von Kobert's Analysen Zahlen lieferte, welche zu den Kobert'schen sehr gut stimmen. Im Gegensatz zu mir trocknete Prof. Kobert seine Präparate vor der Verbrennung im heissen Vacuum über Schwefelsäure. Nichtsdestoweniger ist es ihm nur bei einem seiner Präparate gelungen, es so weit zu entwässern, dass er bei zwei Analysen C = 52,09 und 52,14 % und H = 6,87 und 6,91 fand, d. h. Zahlen, welche der Formel $C^{17}H^{26}O^{10}$ ohne Weiteres entsprechen. Ebenso passt dazu nur eine der von E. Merck gemachten Analysen, welche C = 52,10 %

[1]) Annales de Chimie et de Physique, Vol. **51**, 1832, p. 390.
[2]) Bd. **9**, Artikel: Sapotoxin.

und H = 7,31 % ergab. Eine Uebersicht der übrigen Analysen bieten die folgenden Tabellen.

Bezeichnung der Präparate	Gefunden in Procenten C	H	Autor
Präparat Nr. I	50,54 51,04 51,29	6,85 6,81 6,62	Kobert
Präparat Nr. II	51,98 50,19	6,73 6,30	Kobert
Präparat Nr. III	51,54	7,47	E. Merck
Durchschnitt	51,10	6,80	

n = 17	Durchschnittswerthe der Analysen für das Sapotoxin von Kobert und von Merck	Sapindus-Sapotoxin von Kruskal	Verlangt für die Formel $2 C^{17} H^{26} O^{10} + H^2O$
Procentgehalt an C	51,10	50,79	51,13
Procentgehalt an H	6,80	7,34	6,77
Procentgehalt an O	42,10	41,87	42,10
Summa	100,00	100,00	100,00

Wie man sieht, ist auch aus dieser Tabelle ersichtlich, dass das Sapindus-Sapotoxin noch nicht genügend getrocknet war.

Indem ich damit meine Betrachtung der chemischen Formeln schliesse, betone ich nochmals, dass die von Prof. Kobert aufgestellten Formeln nichts weiter sein sollen als eine Hypothese, welche uns die sonst ganz unverständlichen Zahlen in einen logischen Zusammenhang bringt. Ist diese Hypothese richtig, so werden auch andere noch zu analysirende Substanzen der Saponingruppe zu derselben passen, und sie wird dadurch immer wahrscheinlicher werden. Ist sie unrichtig, so wird sie wenigstens nichts schaden. Namentlich möchte ich betonen, dass ich meine Analysen nicht etwa in der vorgefassten Meinung ausführte, obige Zahlen finden zu müssen; im Gegentheil erfuhr ich von Prof. Kobert die aufgestellten Formeln erst, nachdem meine Schrift längst als Magister-Dissertation erschienen war.

Sind aber erst einmal die verschiedenen Saponine mit einander in Zusammenhang gebracht, so wird man einen analogen Zusammenhang dann auch zwischen deren Spaltungsproducten, die ja zum Theil krystallinisch sind, auffinden können. Analysen derselben sollen ebenfalls in unserem Institute demnächst ausgeführt werden.

VI. Spaltungsanalysen einiger Saponinsubstanzen.

Wird irgend ein Saponin in wässriger Lösung mit verdünnten Mineralsäuren gekocht, so scheidet sich nach kurzer Zeit ein gelatinöser Körper aus. Diese Beobachtungen haben bereits Fremy, Scharling, Rochleder und Schwarz, v. Payr, Bolley, Overbeck, Crawfurd, Natanson und andere gemacht.

Rochleder und Schwarz fanden, dass beim Erhitzen einer wässrigen Saponinlösung mit concentrirter Salz- oder Schwefelsäure sich dieselbe sofort trübt und nach einigen Augenblicken einen weisslich-gelatinöser Körper ausscheidet, und dass ausserdem in der Flüssigkeit noch eine organische Substanz gelöst bleibt, welche zwar kein Zucker, wohl aber ein demselben nahestehendes Kohlehydrat sei. Sie erklärten den gelatinösen Körper als identisch mit der Chinovasäure und nahmen hiernach eine Spaltung des Saponin in Chinovasäure und Kohlehydrat an. Auch zeigten sie, dass nicht allein durch Mineralsäuren, sondern auch durch Essigsäure diese Spaltung bewirkt wird.

Fremy nannte die bei der Spaltung des Saponins sich ausscheidende gelatinöse Substanz, da er sie aus dem Saponin der Rosskastanien erhielt, Aesculinsäure.

Overbeck schlug vor, statt Aesculinsäure die gelatinöse Substanz Saponetin zu nennen und bewies, dass das bei der Spaltung sich bildende Kohlehydrat Traubenzucker ist.

Nach Bolley spaltet sich das Saponin ebenfalls in Traubenzucker und einen gelatinösen Körper, den er Sapogenin nennt.

Rochleder und Schwarz und später v. Payr fanden bei der Fortsetzung ihrer Arbeit über Saponin, dass das bei der Spaltung durch Säuren erhaltene Kohlehydrat Traubenzucker und der gelatinöse Körper nicht Chinovasäure, sondern etwas Besonderes, nämlich Sapogenin ist.

In der neuesten Zeit haben Spaltungsanalysen mit Saponinsubstanzen Christophsohn, H. G. Greenish, Schiaparelli [1]), Kobert, Funaro und Barth und Herzig [2]) vorgenommen. Digitoninspaltungen wurden sowohl von Paschkis als von Kiliani vorgenommen.

Christophsohn, der als Spaltungsproducte Sapogenin und Traubenzucker erhalten hat, führte die Spaltung in folgender Weise aus: Das Saponin wurde im Verhältniss von 1 : 100 in Wasser gelöst, die Lösung mit 3 ccm officineller Salzsäure angesäuert und eine Stunde unter Erneuern des verdampften Wassers und unter beständigem Umrühren gekocht.

Schiaparelli nennt seinen gelatinösen Spaltungskörper Saponetin, Greenish den seinen Melanthigenin, Funaro den seinen Seneginin.

Kobert nahm die Spaltung seiner Quillajasäure in verkorkten Arzneiflaschen, welche fest zugebunden waren, vor. Er kochte 6 Stun-

---

[1]) Riv. chim. med. farm., Bd. 1, 3, p. 69; Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie 1883, p. 1368.

[2]) Barth und Herzig, Ueber die Bestandtheile der Herniaria. Sitzungsbericht der Wiener Akad. der Wissensch., Bd. 98, 2 b, April 1889. Sep.-Abdruck.

den mit 1—2 %iger Salzsäure im Wasserbade. Die Spaltung war als beendet angesehen, wenn ein neues Erhitzen mit neuer Säure während 1stündiger Dauer keine Veränderung mehr ergab.

Die Spaltung meiner Saponine führte ich, in gleicher Weise, wie Barth und Herzig mit dem Saponin der Herniaria glabra verfahren hatten, aus. Die Substanzen wurden in Wasser gelöst, auf 100 ccm Lösung 2 ccm officineller Salzsäure hinzugefügt, in Glasröhren eingeschmolzen und die Röhren im Kanonenofen 3 Stunden lang allmählig bei einer Temperatur von 100—140° C. erhitzt. In dieser Zeit waren die Substanzen vollständig gespalten, da ein neues Erhitzen mit neuer Säure in der abfiltrirten Flüssigkeit keine Veränderung ergab. Nach dem Erkalten wurde der gelatinöse Körper auf ein tarirtes Filter gebracht, mit Wasser gut ausgewaschen, bei 110° C. so lange getrocknet, bis zwei auf einander folgende Wägungen übereinstimmten. Das zum Auswaschen benutzte Wasser wurde mit dem vom Sapogenin befreiten Filtrat vereinigt und in ihnen der Zuckergehalt bestimmt.

Nach Rochleder lässt sich das Saponin durch Kochen einer wässrigen Lösung mit verdünnter Salzsäure nicht vollkommen spalten; bei meinen Versuchen lässt sich jedoch nach der Spaltung niemals hinterher mit concentrirter Salzsäure oder Schwefelsäure nochmals Sapogenin abspalten.

Christophsohn meint, dass die Schwefelsäure sich weniger gut zu diesen Spaltungsversuchen als die Salzsäure eigne; erstere giebt nicht gleiche Mengen der abgespaltenen Körper, während letztere viel besser stimmende Zahlen für die erwähnten Körper gäbe.

Ich nahm auch Spaltungen mit verdünnter Schwefelsäure vor und bekam die gleichen Werthe.

Ich gehe jetzt zu den einzelnen Analysen über, wobei ich den gewonnenen Zucker zunächst einmal als Traubenzucker rechnen will.

1. Levantisches Sapotoxin.

Analyse 1. 0,296 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte beim Spalten in zugeschmolzenem Rohre mit 2 %iger Salpetersäure 0,067 Sapogenin und 0,1646 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet. Auch beim Sapogenin ist in dieser wie in allen folgenden Analysen die Asche bereits abgerechnet.

Analyse 2. 0,310 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte beim Spalten mit 2 %iger Salzsäure 0,0716 Sapogenin und 0,1728 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 3. 0,2939 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,068 Sapogenin und 0,1638 Glycose, titrirt mit Fehlingscher Lösung und als Dextrose gerechnet.

Analyse 4. 0,361 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,087 Sapogenin und 0,2027 Glycose, nach Fehling titrirt und als Dextrose gerechnet.

Analyse 5. 0,5819 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,141 Sapogenin und 0,3246 Glycose, titrirt nach Fehling und als

Dextrose berechnet. Bei der polariskopischen Bestimmung im Wild-schen Apparate ergab sich eine Ablenkung nach rechts, wie sie durch 0,345 Dextrose hervorgebracht sein würde.

2. Sapindus-Sapotoxin.

Analyse 1. 0,378 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,09 Sapogenin und 0,21 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 2. 0,284 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,068 Sapogenin und 0,158 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 3. 0,376 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz gab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,0894 Sapogenin und 0,208 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 4. 0,540 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz gab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,131 Sapogenin und 0,303 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet. Bei der polariskopischen Bestimmung im Wild'schen Apparate ergab sich eine Ablenkung nach rechts, wie sie durch 0,308 Dextrose hervorgebracht sein würde.

3. Sapotoxin Merck.

Analyse 1. 0,2471 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz ergab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,06 Sapogenin und 0,14 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet.

Analyse 2. 0,504 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz ergab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,122 Sapogenin und 0,284 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet.

Analyse 3. 0,3345 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,08 Sapogenin und 0,189 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet.

Analyse 4. 0,7533 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz ergab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,1816 Sapogenin und 0,429 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet. Bei der polariskopischen Bestimmung im Wild'schen Apparate ergab sich eine Ablenkung nach rechts, wie sie durch 0,446 Dextrose hervorgebracht sein würde.

4. Chamälirin.

Analyse 1. 0,358 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz ergab bei der Spaltung mit 2 %iger Salzsäure im zugeschmolzenen

Rohre 0,16 Chamälirinin und 0,1622 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet.

Analyse 2. 0,3872 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz ergab bei der Spaltung mit 2 %iger Schwefelsäure im zugeschmolzenen Rohre 0,173 Chamälirinin und 0,1756 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 3. 0,4169 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung mit 2 %iger Salzsäure 0,186 Chamälirinin und 0,1879 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 4. 0,5728 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,2586 Chamälirinin und 0,262 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 5. 0,45 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,201 Chamälirinin und 0,204 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

5. Quillajasäure Merck.

Analyse 1. 0,231 aschenfrei gerechnete, trockene Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger HCl 0,079 Sapogenin und 0,1321 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 2. 0,3062 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz gab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,104 Sapogenin und 0,1752 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

Analyse 3. 0,364 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz gab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,1232 Sapogenin und 0,2086 Glycose, titrirt nach Fehling und als Dextrose gerechnet.

6. Senegin Merck.

Analyse 1. 0,201 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz gab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Salzsäure 0,05 Seneginin und 0,119 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet.

Analyse 2. 0,325 trockene, aschenfrei gerechnete Substanz lieferte bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2 %iger Schwefelsäure 0,084 Seneginin und 0,1936 Glycose, titrirt nach Fehling und auf Dextrose gerechnet.

Ich lasse jetzt eine Tabelle folgen, in welcher die Zuckermengen einmal als Dextrose gerechnet sind und in einem folgenden Stabe zur Hälfte als Dextrose und zur Hälfte als Galactose. Ich wurde dazu veranlasst durch Kiliani[1]), welcher nachwies, dass bei der Spaltung

[1]) Berl. chem. Ber. Jahrg. **23**, 1890, I, p. 1555.

des Digitonins zwei Glycosen, und zwar Dextrose und Galactose, nach folgender Formel entstehen:

$$C^{27}H^{44}O^{13} + 2\,H^2O = (C^5H^8O)^3 + C^6H^{12}O^6 + C^6H^{12}O^6.$$

Es ist mehr als wahrscheinlich, dass bei vielen Saponinsubstanzen ebenfalls die genannten zwei Glycosen in gleichem Verhältniss entstehen. Ich habe daher die Hälfte des durch Titriren gefundenen Traubenzuckers in Galactose umgerechnet.

Uebersicht der Ergebnisse meiner Spaltungsanalysen.

Nummer der Analyse	Benennung der Substanz	Sapogenin in g	Sapogenin in Proc.	Glycose titrirt mit Fehling-scher Lösung nur auf Dextrose in g	Glycose titrirt mit Fehling-scher Lösung nur auf Dextrose in Proc.	Glycose gerechnet als Dextrose + Galactose in Proc.
I. 1.	levantisches Sapotoxin	0,067	23,17	0,1646	56,60	66,54
2.		0,072	23,09	0,1728	55,74	65,51
3.		0,068	23,13	0,1638	55,73	65,49
4.		0,087	24.09	0.2027	56,14	66,00
5		0,141	23,04	0.3246	55,77	65,49
	Durchschnitt		23,30			65,81
II. 1.	Sapindus-Saponin	0,090	23,8	0,210	55,5	65,26
2.		0.068	24.2	0.158	55,6	65,37
3.		0,089	24,3	0,208	55.3	64,95
4.		0.131	24.2	0.303	56.1	65,95
	Durchschnitt		24,12			65,38
III. 1.	Sapotoxin Merck	0.060	24.3	0.140	56,6	66,54
2.		0,122	24,4	0.284	56,8	66,75
3.		0.080	23.9	0,189	56,5	66,42
4.		0.182	24.1	0,429	56,9	66,89
	Durchschnitt		24,17			66,65
IV. 1.	Quillajasäure	0,079	34.2	0.1321	57,18	67,22
2.		0,104	33.9	0,1752	57,21	67,25
3.		0.123	33.8	0.2086	57,30	67,36
	Durchschnitt		33,95			67,28
V. 1.	Senegin	0,050	25.10	0,119	59,2	69,59
2.		0,084	25.84	0,1936	59,5	69,95
	Durchschnitt		25,47			69,77
VI. 1.	Chamälirin	0,160	44,69	0,1622	45,30	53,25
2.		0,173	44.90	0,1756	45,35	53,31
3.		0,186	44,61	0,1879	45,06	52,97
4.		0.259	44.79	0,2620	45,70	53,74
	Durchschnitt		44,75			53,31

Vergleich der Spaltungsanalysen anderer Autoren mit den meinigen.

Benennung der Substanz	Autor	Spaltungsproducte in Proc.	
		Sapogenin	Glycose
Saponin der Quillajarinde	Christophsohn	36,00	63,60
Saponin der levantischen Seifenwurzel	Christophsohn	35,50	64,05
Saponin der Saponaria rub. . . .	Christophsohn	35,90	63,30
Saponin der Saponaria rub. . . .	Schiaparelli	54,13	49,58
Saponin der Kornrade-Samen . . .	Christophsohn	35,90	63.60
Quillajasäure	Kobert	33,30	56,78
Quillajasäure	Kruskal	33.98	57,23
Sapotoxin Merck	Kruskal	24,17	56,70
Levantisches Sapotoxin	Kruskal	23,30	55,98
Sapindus-Sapotoxin	Kruskal	24,10	55,60
Quillaja-Sapotoxin	Kobert	24,88	57.87
Senegin Merck	Kruskal	25,47	53,59
Senegin	Funaro	54,24	50,85
Digitonin	Kiliani	43,78	62.50
Melanthin	Greenish	55,60	45.40
Cyclamin	Klinger	65,38	20,07
Cyclamin	Mutschler	35,58	50.32

Die Glycose in der zweiten Tabelle ist von den Autoren fast ausschliesslich als Dextrose bestimmt worden mittelst Titration nach Fehling. Die Zahlen für die Spaltung des Digitonin von Kilani und des Senegin von Funaro habe ich nach den von diesen Autoren aufgestellten Spaltungsformeln berechnet, da mir die Menge der von diesen Autoren gefundenen Spaltungsproducte nicht bekannt ist. Die Glycosen meiner eigenen Versuche habe ich in der zweiten Tabelle des bequemeren Vergleichs wegen als Dextrose gerechnet angeführt.

Wie aus den vorhergehenden Tabellen ersichtlich ist, erhielt ich, von der Quillajasäure abgesehen, bei keiner Analyse volle hundert Procent Spaltungskörper, während infolge der Aufnahme von Wasser sogar mehr als 100 Procent hätten erwartet werden müssen. Ich kam daher auf die Vermuthung, dass ausser Sapogenin und Glycose noch ein dritter Körper, der grösstentheils in Lösung bleibt, abgespalten werde. Diese Vermuthung bekam dadurch noch mehr Wahrscheinlichkeit, dass die klare, vom Sapogenin abfiltrirte Flüssigkeit einen schönen aromatischen Geruch hatte, während Sapogenin und Glycose ja natürlich geruchlos sind. Falls wirklich ein dritter Körper bei der Spaltung der Saponinsubstanzen sich gebildet hatte, so verursachte offenbar dieser den Geruch.

Um auf die Spur dieses Körpers zu kommen, nahm ich die Spaltung aller von mir untersuchten Saponinsubstanzen in 80 %igem Alkohol, zu dem ich officinelle Salzsäure (auf 100 ccm Alkohol 2 ccm Salzsäure) hinzusetzte, vor. Nachdem die Spaltung beendet war, destillirte ich den Alkohol ab. Der Alkohol besass denselben aromatischen Geruch, den ich bei jeder Spaltung wahrgenommen hatte. Nachdem der abdestillirte Alkohol in der Kälte über Schwefelsäure verdunstet worden war, blieb in der That ein gelblicher bis brauner, harzartiger, aromatisch riechender Körper zurück.

Für das levantische Sapotoxin, für das Sapindus-Sapotoxin und Chamälirin bestimmte ich den in drei weiteren Analysen nach dem Verdunsten des Alkohols zurückgebliebenen Rückstand quantitativ und fand:

1) 0,425 trockenes, aschenfrei gerechnetes levantisches Sapotoxin gab bei der Spaltung in 2 %iger alkoholischer Salzsäure

0,104 = 24,47 % Sapogenin
0,237 = 55,76 % Dextrose resp. 65,45 % Dextrose + Galactose
0,050 = 13,17 % harzartigen Rückstand

in Summa 93,40 % resp. 103,09 %.

2) 0,368 trockenes, aschenfrei gerechnetes Sapindus-Saponin gab bei der Spaltung in 2 %iger alkoholischer Salzsäure

0,0871 = 23,66 % Sapogenin
0,2040 = 55,43 % Dextrose resp. 64,81 % Dextrose + Galactose
0,0636 = 17,28 % harzartigen Rückstand

in Summa 96,37 % resp. 105,79 %.

3) 0,521 trockenes, aschenfrei gerechnetes Chamälirin gab bei der Spaltung in 2 %iger alkoholischer Salzsäure

0,2340 = 44,91 % Chamälirinin
0,2380 = 45,68 % Dextrose resp. 53,45 % Dextrose + Galactose
0,0476 = 9,13 % harzartigen Rückstand

in Summa 99,72 % resp. 107,49 %.

Es wird wohl nicht zu viel gesagt sein, wenn ich zu behaupten wage, dass die Spaltung einiger Saponinsubstanzen nicht glatt Sapogenin und Glycose ergiebt, sondern dass bei der Spaltung sich ein dritter Körper, von dessen Eigenschaften nur die Flüchtigkeit bekannt ist, bildet. Ob dieser Körper bei allen drei von mir untersuchten Saponinen der gleiche ist, konnte ich nicht feststellen, da ich auf denselben zu spät aufmerksam wurde. Da er flüchtig ist, so wird seine Menge wohl noch grösser sein, als ich sie angegeben habe. Freilich kann man mir auch den Einwand machen, dass meine Harzsubstanz erst ein secundäres Product sei, entstanden durch die lange Erhitzung der Glycosen mit Säure im zugeschmolzenen Rohre. Ich will dies nicht ganz in Abrede stellen; immerhin verdient diese Sache eine eingehende weitere Untersuchung.

Versuchen wir nun einmal, uns die Spaltung der Saponinsubstanzen chemisch klar zu machen, so thun wir gut, zunächst einmal von dem dritten Körper ganz abzusehen und uns zunächst lediglich an die von Funaro und Kiliani verbürgte Thatsache zu halten, dass auf ein Molekül der Saponinsubstanz unter Wasseraufnahme neben einer Sapogeninsubstanz zwei Moleküle Glycose entstehen, von denen nach Kiliani das eine Galactose und das andere Dextrose ist. Wir erhalten also die allgemeine Formel:

$$\text{Saponinsubstanz} + x\,H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^6H^{12}O^6 + \text{Sapogeninsubstanz.}$$

Nun habe ich selbst zwar keine Saponinart analysirt, aber es liegen neue Analysen, z. B. von Funaro, von Kiliani und von Barth und Herzig[1]), sowie ältere von Rochleder und von Schiaparelli vor.

---

[1]) Wiener Monatshefte für Chemie, Jahrg. **10**, 1889, p. 161.

Rochleder gab ihm die Formel			$(C^7H^{11}O)^2$
Barth und Herzig	„	„	$(C^7H^{11}O)^2O$
Kiliani	„	„	$(C^5H^8O)^3$
Funaro	„	„	$(C^5H^8O)^4O^3$
Schiaparelli	„	„	$2[(C^5H^8O)^4O^3] + H^2O$.

Ich habe nun zunächst versucht, ein Multiplum von C^5H^8O, eventuell unter Hydratbildung in obige Formel einzusetzen und probirt, ob dann die sich aus der Formel berechneten Mengen von Sapogenin zu den von mir und von Prof. Kobert gefundenen einigermassen passen, wobei ich mir allerdings gleich sagte, dass die gefundenen Mengen wohl durchweg infolge Verunreinigung mit Resten des dritten Spaltungskörpers etwas zu hoch ausgefallen sein mögen. In der That habe ich nun Formeln aufstellen können, welche zu meinen Annahmen wenigstens annähernd passen:

I. $\underset{\text{Senegin Merck}}{2\,C^{17}H^{26}O^{10}} + 7\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Senegenin}}{(C^5H^8O)^2H^2O}$

Berechnet 23,85 % \} Senegenin.
Gefunden 25,47 % \}

II. $\underset{\text{Sapotoxin Kobert}}{2\,C^{17}H^{26}O^{10}} + 7\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Sapotoxin-Sapogenin}}{(C^5H^8O)^2H^2O}$

Berechnet 23,85 % \} Sapotoxin-Sapogenin.
Gefunden 24,88 % \}

Das zu dieser Analyse von Prof. Kobert benutzte Sapotoxin gehörte zu der Portion, welche infolge langen Trocknens im Vacuum die Zusammensetzung $C^{17}H^{26}O^{10}$ (ohne Wasser!) hatte. Er hat mir diese Analyse, welche nicht bisher veröffentlicht war, privatim mitgetheilt.

III. $\underset{\text{Sapotoxin Merk}}{(2\,C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O)} + 6\,H^2O = C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Sapotoxin-Sapogenin}}{(C^5H^8O)^2H^2O}$

Berechnet 23,31 % \} Sapotoxin-Sapogenin.
Gefunden 24,18 % \}

IV. $\underset{\text{Sapindus-Sapotoxin}}{(2\,C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O)} + 6\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Sapotoxin-Sapogenin}}{(C^5H^8O)^2H^2O}$

Berechnet 23,31 % \} Sapotoxin-Sapogenin.
Gefunden 24,12 % \}

V. $\underset{\text{Levantisches Sapotoxin}}{2(C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O)} + 5\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Sapotoxin-Sapogenin}}{(C^5H^8O)^2H^2O}$

Berechnet 22,79 % \} Sapotoxin-Sapogenin.
Gefunden 23,30 % \}

VI. $\underset{\text{Quillajasäure Kobert}}{2\,C^{19}H^{30}O^{10}} + 8\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Quillajasäure-Sapogenin}}{(C^7H^{14}O^2)^2}$

Berechnet 31,10 % \} Quillajasäure-Sapogenin.
Gefunden 30,30 % \}

VII. $\underset{\text{Quillajasäure Merck}}{2\,C^{20}H^{32}O^{10}} + 8\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + \underset{\text{Quillajasäure-Methyl-Sapogenin}}{(C^8H^{16}O^2)^2}$

Berechnet 33,33 % \} Quillajasäure-Methyl-Sapogenin.
Gefunden 34,04 % \}

Man wird vielleicht darüber erstaunt sein, wie ich, ohne ein einziges Sapogenin analysirt zu haben, solche Formeln habe aufzustellen

wagen können. Ich gestehe, dass ich dieselben gar nicht selbst aufgestellt habe, sondern dass sie von Prof. Kobert herrühren. Jedenfalls ergänzen sie meine Verbrennungsanalysen, indem sie wie jene es recht wahrscheinlich machen, dass die verschiedenen Sapotoxinarten aus Quillajarinde, Seifennüssen, Senegawurzel und weisser Seifenwurzel sich chemisch nur durch die verschiedene Menge von Hydratwasser unterscheiden[1]) und daher identische Spaltungsproducte liefern. Obige Formeln zeigen weiter, dass die beiden Quillajasäuren in der That von den Sapotoxinen wesentlich verschieden zusammengesetzt sind und daher auch ein anderes Spaltungsproduct liefern, unter einander aber nur durch eine Methylgruppe verschieden sind. Dieser Zusammenhang beider drückt sich auch in ihren Spaltungsproducten aus. Wenn, wie ich nicht ohne Grund vermuthe, dem Sapogenin von Rochleder mit mehr Recht die Formel $(C^7H^{12}O)^2$ statt $(C^7H^{11}O)^2$ zukommt, so haben wir es hier mit dem Hydrat desselben $C^7H^{12}O + H^2O = C^7H^{14}O^2$, sowie mit dessen Methylderivat $C^8H^{16}O^2$ zu thun. Dass man die sechste und siebente Gleichung auch durch 2 dividiren kann, ist selbstverständlich.

Dass zu obigen Formeln meine Zuckermengen nicht passen, kommt auf Rechnung des entstandenen dritten Körpers, dessen Entstehen ich natürlich durch keine Gleichung ausdrücken kann.

Vom Chamälirin habe ich schon oben (S. 29) behauptet, dass es den übrigen Saponinsubstanzen fern steht; die Spaltung hat dies bestätigt, indem die gefundene Chamäliririnmenge sich durch keine analoge Gleichung ausdrücken liess.

Weiteren Arbeiten unseres Institutes bleibt es vorbehalten, Elementaranalysen der verschiedenen Sapogeninsubstanzen anzustellen, wodurch die Berechtigung oder Nichtberechtigung der obigen Kobertschen Gleichungen dargethan werden wird.

VII. Eigenschaften der Sapogenine.

Das nach dem Reinigen durch Thierkohle erhaltene Sapogenin stellte fast in allen Fällen eine weissliche Masse, die beim Trocknen im Trockenofen sich etwas bräunt, dar. In Wasser ist jedes derselben unlöslich; alle aber sind gut löslich in Alkohol, namentlich in verdünntem, ebenso in Aether, Methylalkohol, kohlensaurem Alkali, Kaliund Natronlauge und auch in Ammoniak. Durch verdünnte Säuren werden sie wieder aus der Alkalilösung ausgefällt. Leicht löslich sind sie auch in Eisessig. Aus letzterem Lösungsmittel gelang es Barth und Herzig, ihr Oxysapogenin und das in der Fabrik von Trommsdorf dargestellte Sapogenin schön krystallinisch zu erhalten. Ebenso erhielten sie Krystalle durch Umkrystallisiren aus ätherischer und alkoholischer Lösung.

---

[1]) Eine Identität geht daraus natürlich nicht hervor, wie ich schon hier betonen möchte.

Mir gelang es leider nicht, aus diesen Lösungsmitteln ein in wässriger Lösung abgespaltenes Sapogenin krystallinisch zu erhalten. Wenn ich aber die Spaltung der Saponine in alkoholischer Lösung vornahm, so zeigte beim Abdestilliren des Alkohols, Entfernen der Glycose durch Auswaschen mit Wasser und Lösen des Filterrückstandes in Alkohol, beim Verdunsten des letzteren das Sapogenin krystallinische Structur.

Das Spaltungsproduct des Chamälirin schied sich zum grössten Theil in Form von schwarzen Klumpen aus; theilweise blieb es auch an den Wandungen des Rohres kleben und konnte durch Lösen in Alkohol nur als sehr dunkles Fluidum erhalten werden. Das Spaltungsproduct der anderen Saponinsubstanzen schied sich dagegen in hellen gelatinösen Flocken aus.

Mit concentrirter Schwefelsäure färbten sich alle meine Sapogenine violett, welche Färbung einige Stunden anhielt.

Das erhaltene Glycosengemisch war in allen Fällen rechtsdrehend. Sein Rotationsvermögen war grösser als das des Traubenzuckers.

Lehmann und Mori[1]) fanden, dass durch das Rösten der Kornradesamen die Giftigkeit derselben aufgehoben wird. Es liegt nahe anzunehmen, dass beim Röstprocess das Saponin derselben in seine Spaltungsproducte, welche ungiftig sind, zerfällt. Dafür spricht auch der Umstand, dass nach dem Rösten der Zuckergehalt um 3,3 % grösser war als vorher. Ich versuchte daher, meine Saponinsubstanzen, in wenig Wasser gelöst, ohne Zugabe von Säuren zu spalten. Das Ergebniss war, dass nach dreistündigem Erhitzen bei 120—140° C. die Saponine vollständig gespalten waren. Leider bekam ich die Arbeit von Lehmann erst in die Hände, nachdem ich meine Spaltungsanalysen schon mit Salzsäure oder Schwefelsäure ausgeführt hatte; sonst hätte ich gewiss alle Spaltungen ohne Säure ausgeführt. Die Untersuchung der abgespaltenen Glycosen wird dabei eine viel einfachere werden.

VIII. Quantitative Bestimmung des Saponingehalts der Drogen.

Auf die Reaction, dass eine wässrige Lösung von Saponin mit Barytwasser einen Niederschlag giebt, der in gesättigtem überschüssigem Barytwasser fast unlöslich ist, wurde von Christophsohn eine Methode der quantitativen Bestimmung der Saponinsubstanzen basirt.

Zur Controlle dieser Methode habe ich eine zweite in Anwendung gebracht, welche auf der Extraction des durch Eintrocknen eines wässrigen Drogen-Decocts mit Magnesia usta erhaltenen Rückstandes mit absolutem Alkohol in der Hitze beruht. Beide Methoden, die von Christophsohn und von mir, gaben fast mit einander übereinstimmende Resultate und scheinen daher zur quantitativen Bestimmung der Saponine beide bis zu einem gewissen Grade brauchbar zu sein.

---

[1]) Archiv für Hygiene, Bd. 9, 1889, p. 257.

Die Ausführung der Bestimmung nach Christophsohn geschah in folgender Weise: Eine gewogene Menge der gröblich gepulverten Droge wurde wenigstens 3mal (ich kochte so lange aus, bis das Decoct nicht mehr schäumte) mit relativ viel destillirtem Wasser ausgekocht; die vereinigten wässrigen Decocte wurden, da sie sehr langsam filtrirten, auf dem Wasserbade auf ein kleines Volum gebracht, mit Alkohol in der Hitze versetzt und filtrirt. Der Filterrückstand wurde dann noch mit Alkohol wiederholt ausgekocht, diese alkoholischen Decocte ebenfalls heiss filtrirt und mit dem ersten Filtrate vereinigt. Nachdem der Alkohol abdestillirt war, wurde der Rückstand in wenig Wasser aufgenommen, mit gesättigtem Barytwasser versetzt, gut umgerührt und der ausgeschiedene Saponinbaryt auf einem getrockneten tarirten Filter gesammelt. Dieser Niederschlag wurde so lange mit gesättigtem Barytwasser ausgewaschen, bis letzteres farblos durchs Filter ging, hierauf wurde er zuerst im Trockenschrank, dann im Trockenofen bei 110° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocknet. Die letzte Wägung ergab nach Abzug des Filtergewichts die Saponinbarytmenge. Der Saponinbaryt wurde sodann nebst dem Filter in einen tarirten Porzellantiegel gebracht und sehr lange intensiv geglüht, bis die Asche fast weiss war. Sie wurde nach dem Erkalten gewogen und ihr Gewicht von dem des Saponinbarytes in Abzug gebracht. Die Differenz ergab die Menge des vorhanden gewesenen Saponins.

Ich kann nicht unterlassen zu bemerken, dass diese Methode chemisch drei Mängel hat, welche bei ungeschickter Ausführung zu gänzlich falschen Ergebnissen führen müssen. Der erste besteht darin, dass man leicht Lactosin mit in den Barytniederschlag bekommt; der zweite darin, dass das gewogene Filter nicht mit Wasser, sondern nur mit gesättigter Barythydratlösung gewaschen werden darf, mithin immer einen zu hohen Wägungswerth ergeben muss. Der dritte, schon von Christophsohn selbst hervorgehobene, besteht darin, dass beim gewöhnlichen Glühen des Filters mit dem Saponinbarytniederschlag ein Gemisch von relativ wenig Barythydrat mit relativ viel Baryumcarbonat entsteht. Um das Gewicht der darin noch enthaltenen CO^2 wird die Menge des gefundenen Saponins zu niedrig ausfallen. Beide Fehler corrigiren sich einigermassen gegenseitig. Jedenfalls bedarf diese Methode immer einer Controllbestimmung nach einer anderen Methode, wie dies ja auch schon Christophsohn selbst zur Anwendung noch einer zweiten Methode veranlasst hat. Ich würde sie überhaupt nicht in Anwendung gezogen haben, wenn sie nicht etwas modificirt von Dragendorff[1]) ausdrücklich empfohlen und erst kürzlich wieder von Ludwig Reuter[2]) angewandt worden wäre. Auch E. Schmidt empfiehlt dieselbe ohne irgend welche Bedenken. Nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse meiner Bestimmungen.

---

[1]) G. Dragendorff, Die qualitative und quantitative Analyse von Pflanzen und Pflanzentheilen. Göttingen 1882, p. 66. Die CO^2 des kohlensauren Baryts wird hier in Abrechnung gebracht.

[2]) L. Reuter, Beiträge zur Kenntniss der Senegawurzel. Archiv der Pharmacie, Bd. **227**, 1889, p. 316.

Tabelle der quantitativen Saponinbestimmung in den Drogen mittelst Baryt nach Christophsohn.

Name der Droge	Gewicht der Droge		Wassergehalt der Droge		Saponinbaryt, bei 110° C. getrocknet	Asche des Saponinbaryt	Saponin		
	lufttrocken	bei 110° C. getrocknet	absolut	in Procenten			absolut	in Procenten	
Radix Saponariae albae	10,0	8,8891	1,1109	11,109	2,835	1,9867	0,8483	8,48	Durchschnitt **8,39**
	5,0	4,4445	0,5555	11,109	1,256	0.8238	0,4322	8,64	
	10,0	8.8891	1.1109	11,109	2,823	2,0169	0,8062	8,06	
Radix Chamaelirii lutei	5,0	4.4480	0.5520	11,040	0,983	0,5180	0,4650	9,30	Durchschnitt **9,55**
	10,0	8.8960	1,1040	11.040	2.020	1,0360	0,9840	9,84	
	5,0	4.4480	0.5520	11.040	0,976	0,5010	0,4750	9,50	
Fructus Sapindi Saponariae	10,0	8.8770	1.1230	11.230	2.255	1,6201	0.6348	6.35	Durchschnitt **6,34**
	10,0	8,8770	1.1230	11,230	2,218	1,5937	0,6243	6.24	
	10,0	8.8770	1.1230	11,230	2.281	1,6389	0.6421	6.42	

Der Saponingehalt des letzten Stabes bezieht sich auf die lufttrockenen Drogen.

Das zweite Verfahren, welches von mir zur Bestimmung des Saponingehaltes meiner Drogen angewandt wurde, ist folgendes:

Die Drogen wurden mit destillirtem Wasser so lange wiederholt ausgekocht, bis das Decoct beim Schütteln nicht mehr schäumte. Die vereinigten Decocte wurden auf dem Wasserbade concentrirt und mit Magnesia usta unter Umrühren bis zur Trockne verdunstet. Die erhaltene Magnesiasaponinmasse wurde mit absolutem Alkohol in der Hitze erschöpft und filtrirt. Das Filtrat war bei Chamaelirium farblos, bei Saponaria alba und Sapindus Saponaria nicht ganz farblos, aber klar. Der Alkohol zerlegt die äusserst schwache Verbindung der Magnesia mit dem Saponin und führt das letztere in Lösung über, während die Magnesia ungelöst zurückbleibt und viele sonst in Alkohol lösliche Stoffe zurückhält. Die mit Alkohol erschöpfte, kaum noch saponinhaltige Magnesiamasse wurde jetzt mit destillirtem Wasser ausgekocht, filtrirt, das Filtrat mit noch etwas Magnesia usta zur Trockne verdunstet und wieder mit Alkohol wie oben erschöpft. Die erhaltenen alkoholischen Auszüge von Saponaria alba und Sapindus Saponaria wurden auf 24 Stunden in die Kälte gestellt, das ausgeschiedene Saponin auf ein gewogenes Filter gebracht, getrocknet und gewogen. Bei Chamaelirium wurden die alkoholischen Auszüge in eine tarirte Schale gebracht, der Alkohol verdunstet, der Rückstand bei 110° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocket und gewogen.

Diese Methode hat mit der vorigen den einen Fehler gemeinsam, dass leicht etwas Lactosin statt Saponin mit gewogen wird. Ich würde sie daher gern vervollständigt haben durch Abspaltung des Sapogenins und Wägung des letzteren nach dem Vorgange von Christophsohn; allein meine Sapogeninmengen stimmen mit den von Christophsohn so wenig überein, dass ich mich nicht entschliessen konnte, die Christophsohn'schen Werthe (10 Theile Saponin = 3,58 Theile Sapo-

genin) zu benutzen. Ich hoffe später meine eigenen Sapogeninbestimmungen so genau zu machen, dass sie sich zu einer einwandfreien Saponinbestimmung in Drogen mit nur einer Saponinsubstanz verwenden lassen werden.

Tabelle der quantitativen Saponinbestimmung in den Drogen mittelst Magnesia nach Greene.

Name der Droge	Gewicht der Droge		Wassergehalt der Droge		Saponingehalt der Droge		
	lufttrocken	bei 110° C. getrocknet	absolut	in Procenten	absolut	in Procenten	
Radix Saponariae albae	2,0	1,7778	0.2222	11.109	0,166	8,30	Durchschnitt **7,96**
	2,0	1,7778	0,2222	11,109	0,149	7,45	
	2,0	1,7778	0.2222	11,109	0,162	8,12	
Radix Chamaelirii lutei	2.0	1,7792	0,2208	11,040	0,196	9,80	Durchschnitt **9,52**
	2.0	1,7792	0,2208	11,040	0,192	9,60	
	2,0	1,7792	0,2208	11.040	0,183	9,15	
Fructus Sapindi Saponariae	5,0	4,4385	0,5615	11,230	0,297	5,85	Durchschnitt **6,13**
	5.0	4,4385	0.5615	11,230	0.312	6.24	
	5.0	4,4385	0,5615	11.230	0,315	6.30	

Der Saponingehalt des letzten Stabes bezieht sich auf die lufttrockenen Drogen.

Vergleich der Ergebnisse beider Methoden.

Name der Droge	Barytmethode	Magnesiamethode	Durchschnitt beider Methoden
Radix Saponariae albae .	8,39	7,96	**8,17**
Radix Chamaelirii lutei .	9,55	9.52	**9,53**
Fructus Sapindi Saponariae	6.34	6,13	**6,23**

Wie man sieht, stimmen zwar beide Methoden einigermassen in ihren Ergebnissen überein, aber von den Zahlen, welche Christophsohn für seine weisse Seifenwurzel erhielt (13—15 % Saponin), weichen sie enorm ab. Vielleicht stammten freilich seine Präparate von einer anderen Species der Gypsophila als die meinigen.

C. Pharmakologisches.

Die ersten Versuche über die Wirkung eines Saponins stellten Derosne, Henry und Payen [1]) im Jahre 1841 dar. Sie gewannen dasselbe aus der Monesiarinde.

---

[1]) Derosne, Henry und Payen, Examen. chim. et méd. du Monesia 1841; Schmidt's Jahrbücher 1841, p. 287.

1842 stellten Malapert und Bonneau[1]) Untersuchungen mit dem Saponin der Kornradesamen an. Diese Forscher hielten das von ihnen untersuchte Saponin für identisch mit dem aus der Seifenwurzel dargestellten.

Natanson, der im Jahre 1867 mit dem Saponin der Kornradesamen experimentirte, fand, dass dasselbe viel stärker als das Seifenwurzelsaponin wirksam ist.

Durch die Arbeit von Natanson angeregt, untersuchte Pelikan[2]) in demselben Jahre die Saponine der Quillajarinde, Kornradesamen und der Senegawurzel und fand, dass das Saponin der Kornradesamen am stärksten, das der Senegawurzel am schwächsten wirke.

Ausser diesen ersten Arbeiten existirt aber noch eine grosse Reihe weiterer Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen einzelner Saponinsubstanzen, die ich hier nicht inhaltlich besprechen kann. Es sind dies die Arbeiten von Quevenne[3]), Scharling[4]), Schroff[5]), Buchheim und Eisenmenger[6]), Köhler[7]), Dragendorff und Böhm[8]), Eulenburg[9]), Fedotow[10]), Przybyszewsky[11]), Keppler[12]), Lautenbach[13]), Greene[14]), Scherschenewitsch[15]), Loque Marius[16]), Lhomme[17]), Kobert[18]), Atlass, Tufanow und Bjelkin[19]). Wegen des Inhaltes dieser Arbeiten verweise ich auf die im ersten Bändchen dieser Institutsarbeiten gemachten Angaben.

---

[1]) Journal de pharmacie et de chimie [3. série], T. **10**, 1846, p. 339.

[2]) Gaz. méd. de Paris, Vol. **22**, 1867, Nr. 45; Berl. klin. Wochenschr. 1867. Nr. 36, p. 186.

[3]) Quevenne, Journal de Pharmacie, T. **22** u. **23**, 1836—1837.

[4]) Diese Arbeit wird ebenso wie die von Natanson von mir weiter hinten in diesem Bändchen besprochen werden.

[5]) Schroff, Lehrbuch der Pharmakologie. Wien 1868.

[6]) Eisenmenger, Ueber den Einfluss einiger Gifte auf die Zuckungscurve des Froschmuskels. Dissertation. Giessen 1869.

[7]) H. Köhler, Die locale Anästhesirung durch Saponin. Halle 1873.

[8]) Vergl. die schon mehrfach citirte Arbeit von Christophsohn. Dissertation. Dorpat 1874.

[9]) Eulenburg, Die hypodermatische Injection der Arzneimittel, 1875. p. 261.

[10]) Fedotow, Materialien zur Erklärung der Wirkung des Saponins auf den thierischen Organismus. Dissertation. Kiew 1875 (russisch).

[11]) Przybyszewsky, Archiv f. exp. Pathologie u. Pharmakologie, Bd. **5**, 1876, p. 137.

[12]) Keppler, Berl. klin. Wochenschr. Bd. **14**, 1878, Nr. 32—34.

[13]) Lautenbach, Journal of nervous and mental diseases 1879, April and July.

[14]) Greene, Philadelphia Med. Times, August 1880, p. 365. Virchow-Hirsch. Jahresbericht 1880, Bd. **1**, p. 465.

[15]) Scherschenewitsch, Ueber die Wirkung des Chlorals, Chloroforms und Saponins auf die rothen Blutkörperchen. Dissertation. St. Petersburg 1881 (russisch).

[16]) Loque Marius, De la Saponaire et de la Saponine. Thèse de l'École supérieure de Pharmacie. Paris 1882.

[17]) M. J. Lhomme, Étude expérimentale sur l'action physiologique de la Saponine. Thèse pour le doctorat en médecine. Paris 1883.

[18]) Kobert, Archiv f. exp. Pathologie u. Pharmakologie, Bd. **23**, 1887, p. 252.

[19]) Bjelkin, Materialien zur Erforschung der Quillajarinde etc. Inaugural-Dissertation. Moskau 1888. Die Arbeit bestätigt die Angaben von Kobert und Pachorukow.

Im Nachfolgenden werde ich in aller Kürze die Versuche, welche ich mit freundlicher Beihilfe von Prof. Kobert mit meinen drei Saponinsubstanzen ausgeführt habe, wiedergeben.

I. Versuche über die Wirkung meiner Substanzen bei intravenöser Injection.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 1. Es wird einer Katze von 1600 g in die Vena jugularis 35 mg Gift injicirt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **21,8 mg.**

X. 3. 11 h. Injection. In den ersten 2 Stunden nach der Vergiftung keinerlei Abweichungen vom normalen Verhalten.
3 h. Thier hat starke Krämpfe; Seitenlage. Kein Durchfall, kein Erbrechen.
4 h. Tod, also **5 Stunden** nach der Vergiftung, unter Lähmungserscheinungen.

Sectionsbefund: Alles normal, auch im Herzen keine Blutungen. Darmschleimhaut blass.

Versuch 2. Einer Katze von 4400 g wird in die Vena jugularis 26 mg Gift injicirt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **6,4 mg.**

X. 4. 11 h. 20 m. Injection. Gleich danach Thier scheinbar noch normal.
1 h. 30 m. Erbrechen und Durchfall.
4 h. Starke Schwäche, Apathie. Das Thier lässt sich durch starkes Rütteln nicht aus seinem Sopor aufstören.
7 h. Starke Krämpfe. In den Pausen wieder der alte soporöse Zustand.
12 h. Tod, also nach etwa **12 Stunden.**

Sectionsbefund: In der linken Herzkammer starke subendocardiale Blutungen; im Darm keine Blutungen noch sonstige Veränderungen.

Versuch 3. Einer Katze von 2400 g wird in die Jugularvene 13 mg Gift einverleibt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **5,4 mg.**

X. 5. 11 h. 20 m. Vergiftung. In den ersten Stunden danach nichts Bemerkenswerthes.
5 h. 30 m. Tod, also nach **6 Stunden.** Vor dem Tode starke Krämpfe. In den Pausen völlige Apathie.

Sectionsbefund: In der Bauchhöhle findet sich etwas klare gelbe Flüssigkeit, welche blasig ist und an Seifenschaum erinnert. In der linken Herzkammer an einigen Stellen Blutungen unter dem Endocard. Darm normal.

Versuch 4. Katze von 3100 g erhält in die Vena jugularis 13 mg Sapotoxin, d. h. pro Kilo Katze **4,1 mg.**

X. 6. 12 h. Injection. 2 Stunden bleibt das Thier normal.
3 h. Erbrechen und Durchfall.
7 h. Apathie, Schwäche, die bis zum Tode immer noch zunehmen.
12 h. Tod, also nach **12 Stunden.**

Sectionsbefund: Blutungen in der linken Herzkammer unter dem Endocard. Sonst alle Organe makroskopisch normal.

Versuch 5. Es wird einer Katze von 3100 g 13 mg Gift in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **3,1 mg.**

X. 9. 11 h. 30 m. Vergiftung. In den ersten 5 Stunden kein Erfolg.
7 h. Erbrechen, aber kein Durchfall.

X. 10. 8 h. Vollständige Lähmung der Extremitäten. Puls und Herzschlag aber noch regelmässig.
8 h. 20 m. Zuckungen am Kopfe.
8 h. 40 m. Tod, also nach **21 Stunden.**

Sectionsbefund: wie im vorigen Versuche; in der Harnblase befindet sich Harn, in welchem sich recht viel Eiweiss nachweisen lässt.

Versuch 6. In die Vena jugularis wird einer Katze von 4000 g 12 mg Sapotoxin injicirt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **3 mg.**
X. 13. 11 h. 15 m. Injection. Im Laufe des Tages nichts Abnormes.
14. 8 h. Seitenlage und starke Krämpfe.
8 h. 30 m. Tod, also nach **21 Stunden.**

Sectionsbefund: Nach Eröffnung der Bauchhöhle sieht man am grossen Netz zahlreiche Blutaustritte, besonders in der Umgebung der Venen; ebensolche finden sich auch unter der Kapsel der linken Niere. Harn hellgelb, aber trübe; in demselben viel Eiweiss. Blasenschleimhaut blass. Magenschleimhaut der grossen Curvatur entsprechend stark geröthet. Im Darm reichliche Mengen von Galle. Im mittleren Dünndarm an einzelnen Stellen die Schleimhaut verdickt und stark mit Blut überfüllt, ja sogar mit bluthaltigem Schleime bedeckt, an manchen Stellen sogar Klumpen von geronnenem Blut. Im linken Herzen, aber nur im Ventrikel, zahlreiche punktförmige bis linsengrosse Blutaustritte unter dem endocardialen Ueberzug.

Versuch 7. Einer Katze von 2200 g werden 5 mg Gift in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **2,2 mg.**
X. 18. 11 h. 10 m. Injection. Während des ganzen Tages bleibt das Thier anscheinend normal.
19. Verweigert die Aufnahme von Nahrung; Apathie, Schlafsucht.
20. 9 h. Liegt wie todt auf der Seite; hin und wieder starke Krämpfe.
10 h. 10 m. Tod, also nach **47 Stunden.**

Sectionsbefund: Im Bauchraum etwas gelbliche Flüssigkeit. Im oberen Theil des Dünndarms einzelne stark geröthete Stellen, mit Austritt von etwas Blut in die Schleimhaut. Im unteren Dünndarm keine Veränderung, dagegen ist im oberen Theil des Dickdarms die Schleimhaut an vielen Stellen stärker geröthet als normal; vereinzelte derartige Stellen finden sich noch dicht vor dem Anus. In der linken Kammer des Herzens in dem einen Papillarmuskel eine kleine Blutung; im Vorhof nichts.

Versuch 8. Katze, 2500 g. Injection in die Vena jugularis von 5 mg Sapotoxin, d. h. pro Kilo Körpergewicht **2 mg.**
X. 21. 10 h. Vergiftung. } Im Uebrigen im Laufe des Tages nichts
10 h. 50 m. Erbrechen. } Besonderes.
22. 9 h. Tod, also nach **23 Stunden,** unter heftigen Krämpfen.

Sectionsbefund: Mässiger Erguss von blutig gefärbtem Serum in der Bauchhöhle. Darmschleimhaut kaum geröthet. Im Herzen und in der Lunge keine Veränderungen.

Versuch 9. Es wird einer Katze von 3200 g in die Vena jugularis 6 mg Sapotoxin einverleibt, d. h. pro Kilo Katze **1,9 mg.**
X. 25. 4 h. 10 m. Injection. Den Tag über nichts Abnormes.
25. Verweigert die Aufnahme von Nahrung. Schlafsucht, Apathie.
27. Status idem.
28. Die Katze erholt sich, nimmt wieder Nahrung an.
29. Katze vollständig erholt.

Versuch 10. Einer Katze von 2000 g werden 2 mg Gift in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **1 mg.**
XI. 10. 12 h. 30 m. Injection.

Weder gleich nach der Injection, noch nach einigen Tagen treten Krankheitserscheinungen auf.

Versuch 11. Es wird einer Katze von 2300 g 7 mg nach dem Verfahren von Greene dargestelltes Sapotoxin in die Vena jugularis injicirt, d. h. pro Kilo Katze **3 mg.**

XI. 12. 4 h. 30 m. Injection. Keine Wirkung.
13. Das Thier noch ganz normal.
14. 12 h. 20 m. Erbrechen und starker Durchfall.
15. 9 h. Seitenlage, Krämpfe.
10 h. 20 m. Tod, also nach **66 Stunden.**

Sectionsbefund: Herz normal, im Dünndarm, namentlich in der oberen Hälfte, speciell im Duodenum, die Schleimhaut an vielen Stellen sehr blutreich, aber ohne Blutaustritte. Unter dem serösen Ueberzug der Lunge multiple kleine, etwa linsengrosse Blutaustritte.

Versuch 12. Es wird einer Katze von 2600 g 20 mg nach der Stütz'schen Methode regenerirtes und dadurch entgiftetes Sapotoxin in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **7,7 mg.**

XI. 20. 12 h. 20 m. Injection.

Weder gleich nach der Injection, noch nach einigen Tagen, zeigte das Thier die geringsten Krankheitserscheinungen.

Versuch 13. Es wird einer Katze von 1500 g 86 mg durch energische Barytbehandlung ungiftig gemachtes Sapotoxin in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **57 mg.**

XI. 22. 11 h. 30 m. Injection.

Es treten weder sofort noch später irgendwelche Krankheitserscheinungen auf.

Diese Versuche zeigen, dass das Sapotoxin der Saponaria alba in seinen Wirkungen vom Blute aus dem aus der Quillajarinde von Kobert und Pachorukow dargestellten in qualitativer Hinsicht sehr ähnlich ist, ohne indessen damit identificirt werden zu können.

Aehnlichkeiten: Bei beiden Giften bestehen die Symptome in vita in Lähmung des Centralnervensystems mit gelegentlich auftretenden intercurrenten Krämpfen und Erbrechen. Bei beiden Vergiftungen erweisen sich als die constantesten Befunde bei der Section Darmentzündung und subendocardiale Blutaustritte. Beide Gifte werden durch das Barytverfahren abgeschwächt; beide werden durch das Acetylverfahren so gut wie ungiftig.

Unterschiede beider Vergiftungen: 1) Das Sapotoxin der Quillajarinde tödtet nach Pachorukow noch bei 0,5 mg pro Kilo Thier, das der Saponaria alba erst bei 2,0 mg. 2) Die anatomischen Veränderungen sind bei dem Quillajarindengift viel stärker ausgesprochen und erstrecken sich bei grossen Dosen auf die verschiedensten Organe, während bei dem levantischen Sapotoxin noch nach 22 mg pro Kilo gar keine groben Veränderungen beobachtet wurden.

Da nun die Elementaranalyse bei beiden Sapotoxinarten gleiche Ergebnisse geliefert hat, so müssen wir annehmen, dass in der weissen Seifenwurzel das Sapotoxin in einem bereits theilweise entgifteten Zustande präformirt enthalten ist, was durch die Elementaranalyse bekanntlich nicht nachgewiesen werden kann.

2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 14. Einer anscheinend gesunden Katze von 2200 g werden 13 mg Gift in die Vena jugularis injicirt, d. h. pro Kilo Katze **6 mg.**

XI. 2. 10 h. 30 m. Injection. Gar kein Erfolg.

XI. 5. 11 h. Da noch immer keine Krankheitssymptome auftreten, so werden derselben Katze jetzt 13 mg in die andere Halsvene eingespritzt, d. h. im Ganzen bekam die Katze jetzt pro Kilo **12 mg.** In den nächsten 12 Stunden kein Erfolg.
6. 4 h. Thier liegt gelähmt; Athemnoth.
5 h. 30 m. Liegt wie todt, Seitenlage, rafft sich wieder auf und fällt todt nieder, also **101 Stunden** nach der ersten Vergiftung.

Sectionsbefund: Im Dickdarm durchweg mässige Hyperämie; Blutreichthum herrscht auch im Ileum oberhalb der Bauhin'schen Klappe, sowie auch in der Schleimhaut des Duodenums. Im Herzen keine Blutaustritte.

Versuch 15. Einer Katze von 1700 g werden 17 mg Gift in die Vena jugularis injicirt, d. h. pro Kilo Katze **10 mg.**

Das Thier zeigt weder gleich nach der Injection, noch nach mehreren Tagen Krankheitserscheinungen.

Versuch 16. Einer Katze von 4000 g werden 80 mg Gift in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **20 mg.**

XI. 22. 12 h. Injection. In den nächsten 6 Stunden keine Veränderung.
23. Thier verweigert die Aufnahme von Nahrung und ist augenscheinlich krank.
24. Katze nimmt wieder Nahrung, ist ganz wohl und bleibt so.

Versuch 17. Einer Katze von 3600 g werden 120 mg Gift in die Jugularvene injicirt, d. h. pro Kilo Katze **33 mg.**

XI. 27. 12 h. 15 m. Injection. Unmittelbar danach völlige Euphorie.
4 h. 30 m. Erbrechen. Nimmt keine Nahrung. Apathie.
28. Das Thier fängt an sich zu erholen.
30. Die Katze hat sich vollkommen erholt.

Versuch 18. Einer Katze von 2800 g werden in die Vena jugularis 131 mg Gift eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **46,7 mg.**

XII. 2. 11 h. 30 m. Injection. Unmittelbar danach keine Wirkung.
1 h. Erbrechen.
3. 10 h. Nimmt keine Nahrung. Apathie, Schwäche.
4. 10 h. Das Thier gelähmt, liegt wie todt auf der Seite.
11 h. 10 m. Tod, also nach **48 Stunden.**

Sectionsbefund: Magen (im Fundus) und unteren Ende des Dünndarms dicht an der Ileocoecalklappe etwas geröthet, sonst alles normal.

Diese Versuche ergeben, dass das Sapotoxin der Seifennüsse noch ausserordentlich viel schwächer wirkt als das levantische Sapotoxin, obwohl schon dieses im Vergleich mit dem Quillajasapotoxin als theilweise entgiftet bezeichnet werden musste. Wir sehen also, dass hier die Entgiftung in der Pflanze noch viel weiter fortgeschritten ist als in der weissen Seifenwurzel.

3. Versuche mit Chamälirin.

Versuch 19. Es wird einer Katze von 3300 g 25 mg Chamälirin in die Vena jugularis injicirt, d. h. pro Kilo Katze **7,6 mg.**

XII. 13. 11 h. 30 m. Injection.
Es treten weder sofort noch später irgendwelche Krankheitserscheinungen auf.

Versuch 20. Einer Katze von 2900 g werden 0,5 mg Chamälirin in die Vena jugularis eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **172,4 mg.**

X. 16. 1 h. Injection. Thier bleibt den Tag über normal.
17. Nimmt keine Nahrung an und ist offenbar nicht ganz wohl.
18. Status idem.
19. Das Thier hat sich erholt und ist wieder ganz munter.

Versuch 21. Einer Katze von 2200 g werden 0,94 g Chamälirin in die Vena jugularis injicirt, d. h. pro Kilo Katze **427 mg.**

XI. 9. 11 h. 45 m. Injection. Gleich darauf liegt das Thier wie tief narkotisirt auf der Seite und kann sich kaum bewegen. Puls und Athmung normal.

3 h. Katze wieder erholt, ist bloss noch etwas schwach.

10. Katze nimmt wieder Nahrung an und erholt sich im Laufe des Tages gänzlich.

Versuch 22. Einer Katze von 1300 g werden cubikcentimeterweise langsam in die Vena jugularis 1,15 g Chamälirin in einer Auflösung von 1 : 10 injicirt, d. h. pro Kilo Katze **885 mg.**

Erst nach dem letzten Cubikcentimeter bekam die Katze Vergiftungserscheinungen, nämlich Lähmung der Beine, und starb nach wenigen Minuten.

Section wurde nicht vorgenommen.

Da selbst eine so enorme Portion wie 427 mg pro Kilo Thier nicht tödtlich wirkt, können wir wohl annehmen, dass das Chamälirin überhaupt nur äusserst schwache toxische Eigenschaften besitzt. Dass bei Injection noch grösserer Dosen der Tod doch eintritt, wie Versuch 22 zeigt, ist ohne Interesse. Diese gänzliche Wirkungslosigkeit des Chamälirins wundert uns nicht, denn es verhielt sich auch chemisch schon anders als die eigentlichen Saponinsubstanzen. Es gehört physiologisch betrachtet zur Gruppe der Bitterstoffe, welche, wie Prof. Kobert[1]) erst kürzlich betont hat, zum Theil gänzlich wirkungslos sind.

Obige Versuche zeigen, dass die untersuchten Saponinsubstanzen sich bei Injection ins Blut sehr verschieden verhalten, indem die Substanz aus Saponaria alba sehr stark giftig wirkt, die aus der amerikanischen Droge dagegen nur äusserst schwach; die aus den Seifennüssen steht in der Mitte. Jedenfalls ist an eine Identität der Wirkung dieser drei Stoffe gar nicht zu denken.

II. Wirkung meiner Substanzen bei Application per os.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 23. Es wurden einem Kaninchen von 1450 g 7 Tage lang je **50 mg** Sapotoxin in Wasser gelöst mittelst einer Sonde in den Magen geführt. Das Thier zeigte keine Spur irgend welcher Krankheitserscheinungen, obwohl es also im Ganzen **350 mg** Gift erhielt.

Versuch 24. Mittelst einer Sonde wurden einem Kaninchen von 1700 g mit einem Male **300 mg** Sapotoxin in den Magen geführt. Weder sofort noch nach einigen Tagen zeigte das Kaninchen auch nur eine Spur irgend welcher Krankheitssymptome.

---

[1]) Historische Studien aus dem pharmakolog. Institut zu Dorpat, Bd. 2, 1890, p. 181.

2. Versuch mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 25. Es wurden mittelst einer Sonde **632 mg** Gift mit einem Male einem Kaninchen von 1500 g in den Magen gebracht. Das Thier zeigte aber gar keine Krankheitserscheinungen.

3. Versuch mit Chamälirin.

Versuch 26. Einem Kaninchen von 2600 g wurden in den Magen mittelst einer Sonde **2500 mg** Chamälirin gebracht. Es traten gar keine Krankheitserscheinungen ein.

Diese Versuche zeigen, dass selbst Decigrammdosen der drei Saponinsubstanzen und beim Chamälirin sogar Grammdosen bei Einfuhr in den Magen von Kaninchen reactionslos ertragen werden. Dies stimmt mit den Resultaten, welche Kobert mit Quillajasäure, Pachorukow mit seinem Sapotoxin, Atlass mit Senegin, Tufanow mit Cyclamin erhalten haben, gut überein: alle diese sieben Substanzen werden eben vom Darmcanal nur äusserst langsam oder gar nicht resorbirt, dagegen von den glycosidspaltenden Darmbacterien vermuthlich äusserst rasch zerlegt und dabei entgiftet. Bekanntlich beruht ja darauf die pharmakotherapeutische Brauchbarkeit der Quillaja- und Senega-Decocte, die im Rachen Kratzen und Nausea erregen, im Darm aber nicht resorbirt werden sollen.

III. Wirkung meiner Substanzen bei subcutaner Application.

1. Bei Kaltblütern.

a) Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 27. Zwei Fröschen von mittlerer Grösse wurden **10 mg** Sapotoxin unter die Haut gespritzt. Noch nach 6 Tagen waren die Frösche jedoch ganz wohl. Sie starben nach 10 Tagen aus unbekannter Ursache, wie dies bei unter Glocken gehaltenen Fröschen nichts Seltenes ist. Die Section ergab nichts.

Versuch 28. Einem mittelgrossen Frosch wurden **25 mg** Sapotoxin unter die Haut gebracht. Es treten nach 10 Minuten deutliche Vergiftungserscheinungen auf: Der Frosch verträgt nämlich jetzt die Rückenlage und macht selbst auf stärkere Reize hin nur träge Bewegungen. Nach 3 Stunden hat er sich aber theilweise wieder erholt. Nur die Reflexe sind noch viel schwächer. Am folgenden Tage völlige Euphorie.

Nachdem ich so wahrgenommen hatte, dass die Reflexe bei subcutaner Injection grosser Dosen abnehmen, wurden, um genauer sowohl die Dosis als auch die Zeit, in welcher diese Abnahme und endlich der vollständige Verlust eintritt, zu bestimmen, Versuche nach der Methode von Türck-Setschenow[1]) gemacht. Um diese auszu-

---

[1]) Türck, Zeitschr. d. k. k. Gesellsch. der Aerzte zu Wien, Jahrg. 1850, p. 113. Vergleiche auch die Angaben auf Seite 59 meiner Schrift.

führen, wurden die hinteren Extremitäten eines Frosches, der an einem Bande aufgehängt war, abwechselnd in 1%ige HCl getaucht und festgestellt, nach wie viel Schlägen des Metronoms der Frosch beide Extremitäten aus der Säure zieht; sodann wurde, nachdem unter die Haut der einen Extremität Giftlösung von verschiedener Concentration gebracht worden war, der Unterschied in der Zeit zwischen dem Herausziehen des intacten und des vergifteten Fusses festgestellt.

Versuch 29. Einem ziemlich grossen Frosch wird der Kopf abgeschnitten und das Thier an einem um die vorderen Beine gelegten Bande aufgehängt. Das Metronom ist auf 200 Schläge in der Minute eingestellt. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 3 Schlägen	linken Beine nach 3 Schlägen
" " " 3 "	" " " 3 "
" " " 3 "	" " " 3 "
" " " 3 "	" " " 3 "
" " " 3 "	" " " 4 "
" " " 3 "	" " " 3 "

Nun wurden **0,03 g** Sapotoxin unter die Haut der linken Wade injicirt. Nach 5 Minuten langer Einwirkung des Giftes wird das Thier in derselben Weise wie vorher auf die Reflexe wieder geprüft. Selbst nach 200 Schlägen zieht der Frosch das linke Bein nicht mehr aus der HCl-Lösung; auf mechanische und electrische Reize zuckt dasselbe nicht mehr. Es besteht complete Lähmung desselben, und zwar sowohl motorische als sensible. Rechts dagegen zunächst kaum eine Aenderung. Später greift die Giftwirkung auch auf das rechte Bein über.

Versuch 30. Anordnung des Versuches wie vorhin. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 3 Schlägen	linken Beine nach 3 Schlägen
" " " 2 "	" " " 3 "
" " " 2 "	" " " 3 "
" " " 2 "	" " " 3 "
" " " 4 "	" " " 3 "
" " " 3 "	" " " 4 "
" " " 3 "	" " " 4 "

Jetzt wird in die linke Wade **0,015 g** Sapotoxin, in einigen Tropfen Wasser gelöst, subcutan eingeführt. Der Erfolg ist auch diesmal eine völlige Lähmung des linken Unterschenkels binnen 5 Minuten, während der rechte zu dieser Zeit noch ganz normal ist.

Versuch 31. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 2 Schlägen	linken Beine nach 2 Schlägen
" " " 2 "	" " " 2 "
" " " 2 "	" " " 2 "
" " " 2 "	" " " 2 "

In die Wade wird **0,005 g** Gift subcutan eingespritzt und sodann das Thier 5 Minuten lang sich selbst überlassen. Dann neue Prüfung. Die Zuckung erfolgt jetzt beim

rechten Beine nach 9 Schlägen	linken Beine nach 2 Schlägen
" " " 11 "	" " " 2 "
" " " 90 "	" " " 3 "
Bei 100 Schlägen des Metronoms zieht der Frosch das rechte Bein aus der HCl-Lösung nicht heraus. Schwache electrische Ströme bewirken keine, starke nur schwache Zuckungen.	Linkes Bein bleibt sich gleich.

Am folgenden Tage reagirt das nicht vergiftete Bein selbst auf schwache electrische Reize, während das vergiftete auch auf die stärksten nicht reagirt.

Versuch 32. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 4 Schlägen	linken Beine nach 3 Schlägen
" " " 6 "	" " " 4 "
" " " 4 "	" " " 5 "
" " " 5 "	" " " 5 "

rechten Beine nach 6 Schlägen	linken Beine nach 5 Schlägen
„ „ „ 6 „	„ „ „ 5 „
	0,002 g Sapotoxin unter die Haut des Unterschenkels injicirt und das Gift 10 Minuten einwirken gelassen. Die Zuckung erfolgt dann nach 9 Schlägen
„ „ „ 6 „	„ 9 „
„ „ „ 7 „	„ 15 „
„ „ „ 7 „	„ 21 „
„ „ „ 6 „	„ 23 „
„ „ „ 7 „	„ 23 „
„ „ „ 9 „	„ 24 „
„ „ „ 9 „	„ 23 „
„ „ „ 8 „	„ 22 „

Auch auf electrische Reize reagirt das linke Bein weniger prompt als das rechte.

Diese Versuche zeigen, dass das levantische Sapotoxin bei Einspritzung unter die Haut die characteristische Saponinwirkung der früheren Autoren, d. h. locale Unempfindlichkeit gegen Reize schon bei milligrammatischen Dosen hervorruft. Der Wirkung des Quillajasapotoxins steht es freilich an Intensität auch in dieser Beziehung entschieden nach. Bei grösseren Dosen tritt fast gleichzeitig mit der Abschwächung der Sensibilität auch eine solche der Motilität ein, welche, wie wir hier nur ganz kurz bemerken wollen, auf groben anatomischen Veränderungen der Substanz der Nerven und Muskeln beruht.

b) Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 33. Es wurden zwei Fröschen von mittlerer Grösse je **10 mg** Sapindus-Sapotoxin unter die Haut gespritzt. Es traten dabei überhaupt keine Vergiftungserscheinungen auf.

Versuch 34. Zwei Fröschen von mittlerer Grösse wurden je **30 mg** Gift unter die Haut des Rückens gebracht. Sechs Stunden nach der Injection liegen die Frösche bewegungslos, reagiren aber auf schwache electrische Reize und erholen sich bis zum folgenden Tage völlig.

Ich ging nun zu den Versuchen nach der Methode Türck-Setschenow über, d. h. ich injicirte unter die Haut eines Unterschenkels, wobei sofort eine merkbare Wirkung eintrat.

Versuch 35. Anordnung des Versuches wie bei Versuch 29. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 2 Schlägen	linken Beine nach 2 Schlägen
„ „ „ 2 „	„ „ „ 2 „
„ „ „ 2 „	„ „ „ 2 „
Es werden **0,015 g** Sapindus-Sapotoxin in die rechte Wade injicirt. Das Gift wird 10 Minuten einwirken gelassen. Alsdann	
nach 8 Schlägen	„ „ „ 2 „
„ 54 „	„ „ „ 3 „
„ 61 „	„ „ „ 4 „
„ 92 „	„ „ „ 4 „
„ 93 „	„ „ „ 4 „
Bei 100 Schlägen zieht der Frosch das Bein aus der HCl-Lösung nicht mehr heraus. Durch schwache electrische Reize ist das Bein nicht erregbar, durch starke aber wohl.	„ „ „ 4 „ und so fort.

Am folgenden Tage reagirt das vergiftete Bein auch auf die stärksten Ströme nicht, während das gesunde auch auf schwache noch reagirt.

Versuch 36. Dieselbe Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 3 Schlägen	linken Beine nach 3 Schlägen
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 2 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
	Es werden **0,01 g** Sapindus-Sapotoxin subcutan in den Unterschenkel gespritzt. Das Gift wird 10 Minuten einwirken gelassen. Alsdann
„ „ „ 3 „	nach 6 Schlägen
„ „ „ 3 „	„ 15 „
„ „ „ 4 „	„ 30 „
„ „ „ 5 „	„ 50 „
„ „ „ 5 „	„ 78 „
„ „ „ 5 „	„ 95 „
und so fort.	Bei 100 Schlägen zieht der Frosch das Bein nicht mehr aus der HCl-Lösung heraus.

Schwache electrische Ströme bewirken kaum Zuckungen des linken Beines. Nach 3 Stunden rufen auch die stärksten Ströme gar keine Bewegungen mehr hervor.

Versuch 37. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 3 Schlägen	linken Beine nach 4 Schlägen
„ „ „ 4 „	„ „ „ 5 „
„ „ „ 4 „	„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „	„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „	„ „ „ 4 „
	In die Wade werden **0,005 g** Gift eingeführt und dasselbe 10 Minuten einwirken gelassen. Alsdann
„ „ „ 4 „	nach 15 Schlägen
„ „ „ 5 „	„ 16 „
„ „ „ 5 „	„ 30 „
„ „ „ 5 „	„ 35 „
„ „ „ 5 „	„ 51 „
„ „ „ 7 „	„ 58 „
„ „ „ 7 „	„ 59 „
„ „ „ 8 „	„ 72 „
„ „ „ 8 „	„ 78 „
	Auf schwache electrische Reize reagirt das Bein aber noch prompt.
„ „ „ 8 „	Nach 80 Schlägen
„ „ „ 9 „	„ 79 „
„ „ „ 11 „ etc.	„ 80 „
	Nach einigen Stunden reagirt das Bein immer noch selbst auf schwache electrische Reize.

Also auch das Sapindus-Sapotoxin besitzt die characteristische Wirkung auf die sensibeln Nerven der Extremitäten, aber wir brauchen, um sie wahrnehmbar zu machen, mindestens 5 mg pro Frosch von 30—40 g Körpergewicht.

c) Versuche mit Chamälirin.

Versuch 38. Versuchsanordnung wie bei den vorhergehenden Versuchen. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 2 Schlägen
" " " 2 "
" " " 2 "
" " " 2 "
" " " 3 "
" " " 3 "
" " " 3 "

0,05 g Chamälirin wird in den rechten Unterschenkel gespritzt und das Gift 5 Minuten einwirken gelassen. Bei 100 Schlägen des Metronoms zieht der Frosch nach dieser Zeit das Bein nicht mehr aus der HCl-Lösung heraus. Auf schwache electrische Ströme reagirt dasselbe nicht mehr.

linken Beine nach 3 Schlägen
" " " 3 "
" " " 6 "
" " " 6 "
" " " 5 "
" " " 6 "
" " " 6 "

Links keinerlei Aenderung im Verhalten.

Zu der Zeit, wo rechts gar keine Zuckung mehr erfolgt, erfolgt sie links
nach 6 Schlägen
" 8 "
" 8 " etc.

Versuch 39. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 5 Schlägen
" " " 6 "
" " " 5 "
" " " 5 "

" " " 5 "
" " " 6 "
" " " 5 "
" " " 5 "
" " " 6 "
" " " 6 "
" " " 6 "
und so fort.

linken Beine nach 6 Schlägen
" " " 5 "
" " " 4 "
" " " 5 "

Jetzt wird **0,01 g** Chamälirin ins Bein unter die Haut der Wade injicirt und 10 Minuten das Gift einwirken gelassen. Alsdann erfolgt die Zuckung
nach 5 Schlägen
" 7 "
" 11 "
" 15 "
" 56 "
" 80 "
" 85 "

Das Thier zieht bei 100 Schlägen das Bein nicht mehr heraus, reagirt aber noch selbst auf schwache electrische Reize.

Versuch 40. Ein mittelgrosser Frosch bekommt **0,2 g** Chamälirin am Rücken subcutan. Es treten dabei, wie schon nach Versuch 27 und 28 sich vermuthen liess, keinerlei Krankheitserscheinungen ein. Aber auch bei Versuchen nach der Methode von Türck-Setschenow zeigte sich vor und nach der Vergiftung kein Unterschied in der Zeitdauer bis zum Eintritt der Reflexzuckungen.

Diese Versuche zeigen, dass die drei untersuchten Saponinsubstanzen bei Einspritzung unter die Haut des Unterschenkels auf die sensibeln Nerven rasch einen lähmenden Einfluss haben, während die Motilität erst später und weniger intensiv geschädigt wird. Bei Einspritzung unter die Haut des Rückens dagegen erfolgte überhaupt keine Wirkung, obwohl der grosse dorsale Lymphsack mit den Lymphsäcken der Extremitäten doch offenbar communicirt. Wir müssen also annehmen, dass entweder das Gift vom dorsalen Lymphsack aus schnell resorbirt und ausgeschieden oder durch die Fermente des Froschkörpers in eine unwirksame Form umgewandelt wird. Eine solche könnte in einer Verbindung mit Eiweiss bestehen. Bekanntlich hat die für das käufliche Handelssaponin längst festgestellte Wirkung, den Schenkel des Frosches abzutödten, dazu geführt, zeitweise dieses Glycosid als

locales Anaestheticum zu verwenden, bis Keppler beinahe daran gestorben wäre. Ich betone daher ausdrücklich, dass meine Versuche nicht etwa dieser verkehrten pharmakotherapeutischen Verwendung von Neuem das Wort reden sollen. Man kann überhaupt als locale Anaesthetica nur solche Stoffe verwenden, welche äusserlich applicirt am Kaltblüter und Warmblüter Anästhesie machen und zwar ohne störende Nebenerscheinungen, wie Entzündung, Lähmung der motorischen Nerven etc. Zur pharmakologischen Prüfung von unbekannten Giften auf „Saponinwirkung" ist aber der Türck'sche Versuch am Frosch entschieden sehr geeignet, indem er selbst bei dem sonst so ausserordentlich schwach wirkenden Chamälirin ein positives Resultat ergab. Zur Entscheidung darüber, ob diese Saponinwirkung der Cocaïnwirkung auf die Enden der sensibeln Nerven ähnlich ist, werden weiter unten ganz analoge Versuche folgen, bei denen aber das Gift nicht unter, sondern auf die Haut gebracht wird. Bekanntlich wirkt das Cocaïn auch von aussen auf die Froschhaut sensibilitätsvermindernd, während es bei Warmblütern von aussen nur auf Schleimhäute wirkt.

2. Bei Warmblütern.

Der Inhumanität dieser Versuche wegen wurde mit jeder Substanz nur ein einziger angestellt.

a) Versuch mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 41. Einer Katze von 2200 g werden unter die Rückenhaut 35 mg Sapotoxin, möglichst bacterienfrei frisch gelöst, eingespritzt, d. h. pro Kilo Katze **16 mg.**

1890. III. 6. 3 h. 30 m. Injection.
7. Katze matt und traurig, verweigert die Aufnahme von Nahrung. Die Injectionsstelle sehr empfindlich.
8. Status idem.
9. Status idem, nimmt aber Nahrung.
10. Status idem. } Die Anschwellung unter der Haut an der Injectionsstelle nimmt zu.
11. Status idem. }
12. Die Katze wird durch Entbluten getödtet, da ich sie nicht länger quälen wollte.

Section. An der Injectionsstelle starke Ansammlung von Eiter; sonst alles normal. Namentlich im Darm weder Röthung noch Schwellung der Schleimhaut.

b) Versuch mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 42. Einem Kaninchen von 1700 g werden am hinteren Theil des Rückens 150 mg Sapindus-Sapotoxin subcutan injicirt, d. h. pro Kilo Thier **88,2 mg.**

III. 6. 3 h. 50 m. Injection.

Sowohl gleich nach der Injection als auch einige Tage darauf blieb das Thier scheinbar ganz munter. Alsdann bildete sich an der Injectionsstelle eine Anschwellung und die Haut wurde roth und schmerzhaft. Nach einigen weiteren Tagen kam es zur Abscedirung. Erst nach einigen Wochen verheilte die wunde Stelle. Im Uebrigen aber zeigte das Thier keine Krankheitssymptome und verlor nicht einmal den Appetit.

c) Versuch mit Chamälirin.

Versuch 43. Einem Kaninchen von 1600 g werden am unteren Theil des Rückens 315 mg Chamälirin injicirt, d. h. pro Kilo Thier **197 mg.**
III. 25. 12 h. 15 m. Injection.
Weder gleich nach derselben noch auch später irgend welche Krankheitserscheinungen allgemeiner Art; wohl aber an der injicirten Stelle Anschwellung, Röthung, Abscedirung und reichlicher Austritt von Eiter.

Diese Versuche zeigen, dass die Subcutanapplication bei allen drei Substanzen am Warmblüter nicht nur nicht anästhesirt, sondern Eiterung und heftige Schmerzen macht. Diese Eiterung tritt auch ein, wenn die Injectionsflüssigkeit durch Kochen sterilisirt wird, und dürfte ebenso wie die durch Crotonolsäure[1]) und ihre Salze, wie die durch die verschiedenen Solvinsubstanzen[2]) und wie die durch quillajasaures Natron, Sapotoxin und Senegin zu denjenigen Formen der Eiterung gehören, zu deren Entstehung Staphylokokken und Streptokokken nicht unbedingt nöthig sind, sondern die einen sterilen Eiter liefern können. Nachdem der Kampf um die Existenz oder Nichtexistenz solcher Eiterungserreger lange Zeit getobt hat, scheint er jetzt ja endlich auch von den Pathologen dahin entschieden zu sein, dass die Existenz solcher pharmakologischen Agentien nicht bezweifelt werden kann.

IV. Versuche über die Wirkung meiner Substanzen auf die Hautsensibilität.

Diese Versuche wurden nach der schon S. 53 besprochenen Methode von Türck-Setschenow, aber mit der Modification von Alms[3]) ausgeführt, weil gerade diese besonders brauchbar sein soll, um Cocaïnwirkung auf die Hautnerven nachzuweisen.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 44. Ein Frosch wird geköpft, entblutet, aufgehängt und dann mittelst 0,5 %iger HCl-Lösung die Reflexdauer mittelst Metronom aller 30 Secunden einmal geprüft. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach				linken Beine nach			
rechten	Beine	nach	13 Schlägen	linken	Beine	nach	4 Schlägen
„	„	„	12 „	„	„	„	5 „
„	„	„	10 „	„	„	„	4 „
„	„	„	8 „	„	„	„	3 „
„	„	„	10 „	„	„	„	2 „
„	„	„	6 „	„	„	„	4 „
„	„	„	6 „	„	„	„	4 „
„	„	„	6 „	„	„	„	4 „

---

[1]) Diese Institutsarbeiten Bd. 4, p. 37 u. 70.
[2]) Ibid. Bd. 3, p. 51.
[3]) Alms, Archiv der Physiologie von Du Bois-Reymond, Jahrgang 1886, Supplem. p. 293.

Die Zuckung erfolgt beim
rechten Beine nach 6 Schlägen
„ „ „ 5 „
„ „ „ 6 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 6 „
„ „ „ 7 „
„ „ „ 10 „
„ „ „ 13 „
„ „ „ 15 „
„ „ „ 14 „
„ „ „ 15 „

Es wird das Bein 1 Minute lang mit einer 3%ige Sapotoxinlösung bepinselt. Sodann erfolgt die Zuckung
nach 2 Schlägen
„ 4 „
„ 4 „

Das Bein wird bis zum Knie in eine 3%ige Sapotoxinlösung 5 Minuten lang gehalten. Reflexeintritt alsdann
nach 4 Schlägen
„ 5 „
„ 5 „
„ 6 „
„ 7 „

Das Bein wird jetzt 15 Minuten in dieselbe Sapotoxinlösung eingetaucht gehalten. Reflexeintritt sodann
nach 10 Schlägen
„ 10 „
„ 12 „
„ 16 „
„ 21 „

Versuch unterbrochen, da keine wesentliche Aenderung eintritt.

Versuch 45. Die gleiche Versuchsanordnung wie vorhin. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 4 Schlägen
„ „ „ 3 „
„ „ „ 4 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „

5 Minuten lang wird das Bein in eine 3%ige Sapotoxinlösung eingetaucht gehalten. Alsdann erfolgt die Zuckung
nach 7 Schlägen
„ 7 „
„ 5 „
„ 6 „
„ 5 „
„ 5 „
„ 6 „
„ 8 „
„ 6 „
„ 5 „

linken Beine nach 4 Schlägen
„ „ „ 4 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 6 „
„ „ „ 6 „

Das Bein wird 10 Minuten lang in eine 3%ige Sapotoxinlösung eingetaucht gehalten. Alsdann erfolgt die Zuckung
nach 6 Schlägen
„ 6 „
„ 5 „
„ 6 „
„ 6 „

Da keine Aenderung eintritt, wird der Versuch unterbrochen.

2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 46. Dieselbe Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 4 Schlägen
„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „
„ „ „ 5 „

15 Minuten lang wird das Bein in eine 3%ige Giftlösung eingetaucht. Alsdann erfolgt die Zuckung
nach 8 Schlägen
„ 9 „

linken Beine nach 4 Schlägen
„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „
„ „ „ 5 „
„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „
„ „ „ 4 „

rechten Beine nach 12 Schlägen	linken Beine nach 5 Schlägen
„ „ „ 9 „	„ „ „ 5 „
„ „ „ 10 „	„ „ „ 5 „
„ „ „ 12 „	„ „ „ 5 „

Versuch unterbrochen.

Versuch 47. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 2 Schlägen	linken Beine nach 2 Schlägen
„ „ „ 2 „	„ „ „ 2 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 2 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 2 „
	Das Bein wird jetzt bis zum Knie 15 Minuten lang in eine 3%ige Giftlösung eingetaucht gehalten. Eintritt der Zuckung alsdann
„ „ „ 3 „	nach 2 Schlägen
„ „ „ 3 „	„ 3 „
„ „ „ 2 „	„ 5 „
„ „ „ 3 „	„ 3 „
„ „ „ 3 „	„ 4 „
„ „ „ 3 „	„ 5 „
„ „ „ 4 „	„ 7 „
„ „ „ 3 „	„ 4 „

Versuch unterbrochen.

3. Versuche mit Chamälirin.

Versuch 48. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 3 Schlägen	linken Beine nach 3 Schlägen
„ „ „ 2 „	„ „ „ 5 „
„ „ „ 2 „	„ „ „ 6 „
„ „ „ 6 „	„ „ „ 6 „
„ „ „ 6 „	„ „ „ 8 „
„ „ „ 6 „	„ „ „ 6 „
	Das Bein wird jetzt bis zum Knie 5 Minuten lang in eine 5%ige Chamälirinlösung eingetaucht gehalten. Die Zuckung erfolgt sodann
„ „ „ 6 „	nach 6 Schlägen
„ „ „ 6 „	„ 6 „
„ „ „ 7 „	„ 6 „
„ „ „ 8 „	„ 8 „
„ „ „ 8 „	„ 8 „
„ „ „ 8 „	„ 6 „
Das Bein wird 15 Minuten lang in eine 5%ige Chamälirinlösung getaucht gehalten. Die Zuckung erfolgt sodann	
nach 10 Schlägen	„ 6 „
„ 10 „	„ 6 „
„ 11 „	„ 8 „
„ 11 „	„ 6 „
„ 10 „	„ 8 „

Versuch unterbrochen.

Aus diesen Versuchen ist ersichtlich, dass die drei Saponinsubstanzen bei äusserlicher Application keine anästhesirende Wirkung auf die Froschhaut ausüben; die Reflexdauer bleibt vielmehr selbst bei 15minütlicher Einwirkung aller drei Substanzen unverändert. Von localer cocaïnartiger Wirkung ist also keine Spur vorhanden, während man nach den Versuchen mit Einspritzung unter die Haut hätte glauben können,

dass die stärkste locale Anästhesie eintreten werde. Jedenfalls wird nach diesen meinen Versuchen von einer cocaïnähnlichen Wirkung der Saponinsubstanzen wohl kaum noch geredet werden können.

V. Ueber die Wirkung meiner Substanzen auf die Musculatur.

Nach den Versuchen mit Einspritzung unter die Haut des Schenkels war zu erwarten, dass starke locale Wirkungen auch auf die Muskelsubstanz eintreten würden. Zur Untersuchung dieser Frage dienten die nachstehenden Versuche.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 49. Es werden die beiden Musculi sartorii eines Frosches mit möglichster Schonung präparirt und der eine in eine 1,0%ige Lösung von Sapotoxin in physiologischer Kochsalzlösung, der andere zur Controlle in reiner 0,75%iger Kochsalzlösung untergetaucht; sofort nach dem Eintauchen in die Sapotoxin-Kochsalzlösung verkürzt sich der Muskel, wird blass und verliert seine Erregbarkeit selbst gegen die stärksten faradischen Ströme. Der Controllmuskel bleibt dagegen viele Stunden lang erregbar.

Versuch 50. Auf dieselbe Weise wird mit den Musculis gastrocnemiis verfahren. Sofort nach dem Eintauchen in eine 0,5%ige Sapotoxin-Kochsalzlösung[1]) verkürzt sich der Muskel, wird blass und nach 10 Minuten verliert er selbst für die stärksten faradischen Ströme die Erregbarkeit. Der Controllmuskel ist noch nach einigen Stunden erregbar.

Versuch 51. Die beiden Musculi vasti externi werden in derselben Weise verwandt. Der erste, in eine 0,12%ige Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt, stirbt unter Verkürzung in wenigen Minuten ab, während der andere Stunden lang normal bleibt.

Versuch 52. Die beiden Musculi quadricipes femoris eines Frosches werden präparirt und in eine 0,05%ige Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt. Das Sinken der Erregbarkeit tritt allmählich ein; nach 20 Minuten hört die Erregbarkeit vollständig auf. Der Controllmuskel war noch einige Stunden erregbar.

Versuch 53. Die beiden Musculi sartorii eines Frosches werden ausgeschnittten; der eine wird in Kochsalzlösung, der andere in eine 0,033%ige Sapotoxin-Kochsalzlösung getaucht. Nach 5 Minuten zieht sich der im Gift befindliche Muskel spontan zusammen und bleibt so; nach 45 Minuten reagirt er auch nicht mehr auf die stärksten faradischen Ströme, während der Controllmuskel nach einigen Stunden noch erregbar ist.

Diese Versuche zeigen, dass das levantische Sapotoxin ein Gift ist, welches bei directem Contacte mit den Muskeln selbst bei nur 0,033%iger Lösung die Vitalität derselben aufhebt. Beim Sapotoxin der Quillajarinde ist dies zwar auch der Fall, es wurde aber von Pachorukow nur bei stärkerer Concentration untersucht.

---

[1]) Unter Kochsalzlösuug ist hier immer 0,75%ige zu verstehen.

2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 54. Anordnung des Versuches wie oben. Der eine Musculus sartorius eines Frosches wird in 1,0 %ige Sapindus-Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt, der andere zur Controlle nur in Kochsalzlösung. Nach 5 Minuten zuckt der in das Gift gelegte Muskel auf leichte Reize nicht mehr. Die stärksten faradischen Ströme bewirken ebenfalls bald keine Zuckung mehr.

Versuch 55. Die beiden Musculi quadricipes femoris eines Frosches werden präparirt, der eine in 0,5 %ige Sapindus-Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt, der andere in reine physiologische Kochsalzlösung. Ergebnisse wie beim vorigen Versuch.

Versuch 56. Ein in eine 0,25%ige Sapindus-Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegter Musculus sartorius zieht sich sofort zusammen, und nach 10 Minuten ist seine Erregbarkeit für den faradischen Strom vollständig erloschen. Bei einem in dieselbe Lösung gelegten Musculus gastrocnemius hört, entsprechend seinem bedeutenderen Volumen, die Erregbarkeit erst nach 30 Minuten auf. Bei den Controllmuskeln hält sie stundenlang an.

Versuch 57. In eine 0,1%ige Sapindus-Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt, hört die Erregbarkeit beim Musculus vastus externus allmählich auf, ist aber nach 1 Stunde 45 Minuten selbst für die stärksten faradischen Ströme erloschen. Der Controllmuskel reagirte noch nach einigen Stunden.

3. Versuche mit Chamälirin.

Versuch 58. Der eine Musculus sartorius wird in 2%ige Chamälirin-Kochsalzlösung gelegt, der andere als Controllmuskel in reine Kochsalzlösung. Der im Gifte befindliche Muskel zieht sich sofort zu einem Klumpen zusammen; schon nach 1 Minute hat die Erregbarkeit vollständig aufgehört. Der Controllmuskel ist noch nach einigen Stunden erregbar.

Versuch 59. Der eine Musculus quadriceps femoris wird in 1,0%ige Chamälirin-Kochsalzlösung gelegt. Aufhören der Erregbarkeit nach 40 Minuten. Controllmuskel noch nach einigen Minuten erregbar.

Versuch 60. Von den beiden Musculis sartoriis eines Frosches wird der eine in 0,5%ige Chamälirin-Kochsalzlösung, der andere in Kochsalzlösung gelegt. Der in Gift befindliche Muskel ist nach 15 Minuten nicht mehr erregbar, wohl aber der andere noch viel später.

Versuch 61. Ein Musculus gastrocnemius wird in 0,25%ige Chamälirin-Kochsalzlösung gelegt. Nach 2 Stunden keine Erregbarkeit mehr. Der Controllmuskel war noch nach 5 Stunden erregbar.

Diese Versuche zeigen, dass alle drei von mir untersuchten Saponinsubstanzen die Muskelsubstanz in ihrer Vitalität schädigen, ja sie abtödten. Das levantische Sapotoxin bewirkt diese Abtödtung selbst noch bei 3000facher Verdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung. Das sonst so sehr schwach wirkende Chamälirin vernichtet die Muskelerregbarkeit noch bei 400facher, und das Sapindus-Sapotoxin noch bei 1000facher Verdünnung. Die dünnen Muskeln werden natürlich leichter als die dicken in ihrer Vitalität geschädigt. Der schädigende Einfluss ist bei grossen Dosen unter dem Mikroskop sofort nachweisbar; doch habe ich mich mit den pathologisch-anatomischen Veränderungen nicht weiter beschäftigt. Mir genügt es, nachgewiesen zu haben, dass das, was für die Quillajasäure, für das Sapotoxin der Quillajarinde und für das

Senegin schon längst nachgewiesen worden ist, auch für meine drei Substanzen bestätigt zu haben, nämlich dass sie starke Muskelgifte sind, deren schädliche anatomische Wirkung irreparabel ist.

VI. Ueber die Wirkung meiner Substanzen auf die motorischen Nerven.

Bei der intensiven Wirkung meiner drei Gifte auf die Muskelsubstanz musste es von Interesse sein, zu erforschen, ob auch die Muskelnerven, wenn auch in geringerem Grade, mitgelähmt werden. Vermuthen liesse sich dies schon nach den S. 57 angeführten Versuchen.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 62. Der Nervus ischiadicus eines Frosches wird mit möglichster Schonung und in möglichst grosser Ausdehnung als langer Faden so herausgeschnitten, dass er mit dem Musculus gastrocnemius in Zusammenhang bleibt. Dann wird der Muskel in ein Schälchen mit Kochsalzlösung, der Nerv in ein anderes mit einer 1,0%igen Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt. 10 Minuten nach dem Eintauchen in die Giftlösung rufen schwache faradische Ströme durch den Nerv geleitet noch schwache Zuckungen in dem Muskel hervor. 20 Minuten nach dem Eintauchen rufen nur noch starke Ströme schwache Zuckungen im Muskel hervor. Nach 1 Stunde und 30 Minuten rufen auch die stärksten Ströme keine Zuckungen mehr hervor. Der Nervus ischiadicus der anderen Seite, welcher zur Controlle mit seinem Muskel in Kochsalzlösung liegt, ist dagegen stundenlang gut erregbar.

Versuch 63. Anordnung des Versuches wie beim vorigen. Der Nervus ischiadicus wird in 0,5%ige Sapotoxin-Kochsalzlösung gelegt. Allmähliches Sinken der Erregbarkeit; 2 Stunden nach dem Eintauchen erlischt dieselbe vollkommen. Controllnerv und sein Muskel sind noch nach einigen Stunden erregbar.

2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 64. Musculus gastrocnemius und Nervus ischiadicus. Der Nerv in 1%ige Sapindus-Sapotoxin-Kochsalzlösung, der Muskel in reine Kochsalzlösung gelegt. Die Erregbarkeit des Nerven hört nach 3 Stunden 20 Minuten vollständig auf, während der Muskel auch auf die schwächsten electrischen Ströme reagirt. Ebenso reagirt der Controllnerv und sein Muskel noch nach mehreren Stunden selbst auf sehr schwache electrische Ströme.

3. Versuche mit Chamälirin.

Versuch 65. Anordnung des Versuchs wie vorhin. Der Nervus ischiadicus wird in eine 5%ige Chamälirin-Kochsalzlösung gelegt. Erst nach 4 Stunden hört die Erregbarkeit des Nerven auf, während der zugehörige Muskel auch nach dieser Zeit noch auf electrische Ströme reagirt. Nach 6 Stunden reagirte der Controllnerv und sein Muskel ebenfalls noch prompt.

Versuch 66. Die gleiche Versuchsanordnung. Der Nervus ischiadicus wird in eine 2%ige Chamälirin-Kochsalzlösung gelegt, der Musculus gastrocnemius in reine Kochsalzlösung. Nach 5 Stunden war der Nerv durch starke electrische Reize noch schwach erregbar, ebenso auch der Muskel.

Aus den angegebenen Versuchen folgt, dass die von mir untersuchten Saponinsubstanzen die Lebensfähigkeit nicht der Muskeln, sondern auch der Nervenstämme aufzuheben im Stande sind. Die Wirkung auf den Muskel ist aber eine raschere und energischere als die auf den durch eine dicke Scheide geschützten Nervenstamm. Das levantische Sapotoxin wirkt am stärksten, nämlich noch bei 200facher Verdünnung, das Sapindus-Sapotoxin nur noch bei 100facher und das Chamälirin bei 20facher. Quillajasäure, Quillaja-Sapotoxin und Senegin wirken ganz analog. An Intensität scheint das levantische Sapotoxin das aus Quillajarinde gewonnene in Bezug auf motorische Nerven sogar zu übertreffen.

Fassen wir das gemeinsame Ergebniss der letzten Kapitel zusammen, so lautet dieses: Meine drei Saponinsubstanzen sind allgemeine Protoplasmagifte, welche bei subcutaner Injection in den Unterschenkel das Protoplasma der sensibeln Nervenästchen abtödten, welche beim Einlegen des Ischiadicus auch das Protoplasma der motorischen Nerven und beim Einlegen der Muskeln auch das der willkürlichen Musculatur zunächst in seiner Vitalität schwächen, dann für immer abtödten.

Ist diese Ansicht richtig, so musste sie sich auch durch Versuche am Williams'schen Apparate für das Herz nachweisen lassen. Diese Versuche folgen im nächsten Kapitel.

VII. Wirkung meiner Substanzen auf das überlebende Herz.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 67. Es wird ein Froschherz in der von Williams[1]) angegebenen Weise präparirt und in den von R. Maki[2]) modificirten Williams'schen Apparat eingebunden. Die Membranklappen sind durch die Glaskugelventile von Perles[3]) ersetzt. Der Frosch war eine kleine Temporaria. Statt verdünntes Blut enthält der Apparat unverdünntes Rinderserum. In der Tabelle bedeutet T. die Zeit, P. die Pulsfrequenz pro Minute, Q. die pro Minute durchs Herz gegangene Flüssigkeitsmenge in ccm.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
10 h. 41 m.	34	2,4	Das Serum tropft durch die Spalten des Ventrikels zum Theil durch.
43 m.	36	1,4	
44 m.	35	2,0	
46 m.	35	2,0	
48 m.	35	2,0	
49 m.			10 mg Sapotoxin : 50 ccm Serum zugesetzt.

[1]) F. Williams, Ueber die Ursache der Blutdrucksteigerung bei der Digitalinvergiftung. Archiv für exp. Path. u. Pharm. Bd. **13**, 1881, p. 1.

[2]) Rioschiro Maki, Ueber den Einfluss des Camphers, Coffeïns und Alkohols auf das Herz. Inaug.-Dissert. Strassburg 1884.

[3]) Perles, Beiträge zur Kenntniss der Wirkungen des Solanins und Solanidins. Archiv für exp. Path. u. Pharm. Bd. **26**, 1889, p. 95.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
10 h. 50 m.	0	0	Das „Bluten“ hört sofort auf; der Ventrikel steht halbsystolisch still.
51 m.	0	0	Da das Herz vollständig todt scheint, d. h. weder von allein noch auf Reize schlägt, wird es mit einer Lösung von normaler Blutkochsalzmischung durchströmt.
53 m.	0	0	
55 m.	0	0	
56 m.			Die Vorhöfe fangen wieder an zu schlagen.
58 m.	10	0,5	Der Ventrikel fängt wieder an zu schlagen.
11 h. 0 m.	23	1,8	
1 m.	25	1.9	Herzschlag durchaus normal, eher besser als zu Anfang.
2 m.	24	2,0	
3 m.	24	2,0	
4 m.	25	2,3	
5 m.	25	2,4	
6 m.			1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
7 m.	26	3,0	
8 m.	26	3,0	
9 m.	26	3,0	
12 m.	27	3,5	
13 m.	25	3,5	
14 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
15 m.	24	3,3	
16 m.	24	3,3	
17 m.	24	3,3	
19 m.	24	3,2	
21 m.	24	3,2	
22 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
23 m.	24	2,7	
24 m.	24	2,7	
26 m.	23	2,7	
27 m.	23	2,7	
28 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
29 m.	24	2,6	
30 m.	23	2,6	
31 m.	23	2,6	
32 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
33 m.	24	2,6	
34 m.	24	2,6	
35 m.	24	2,6	
36 m.	23	2,7	
37 m.	23	2,7	
39 m.	24	2,7	
40 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
41 m.	24	2.7	
42 m.	24	2,7	
43 m.	24	2,7	
44 m.	24	2,6	
45 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
46 m.	24	2,8	
47 m.	23	2,6	
48 m.	23	2,6	
50 m.	24	2,8	
51 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
52 m.	24	2.8	
53 m.	24	2,8	
55 m.	24	2,8	
56 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
57 m.	24	2,8	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
11 h. 58 m.	23	2,7	
59 m.	23	2,6	
12 h. 1 m.	23	2,6	
2 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
3 m.	20	2,1	
4 m.	10	1,2	
5 m.	8	0	Ventrikel steht still, Vorkammern schlagen
6 m.	8	0	weiter.
7 m.	6	0	Vorkammern stehen auch still.

Dieser Versuch zeigt, dass bei **10 mg** Sapotoxin auf 50 ccm Serum sofort Stillstand des Herzens eintritt; es gelingt aber, die Zahl und die Kraft der Contractionen des Herzens wieder fast auf die Norm zu erheben, wenn rasch das Gift entfernt und normale Flüssigkeit durch das Herz geleitet wird. Weiter zeigt der Versuch, dass Mengen von 1—9 mg Sapotoxin, allmählig auf 50 ccm Blutflüssigkeit zugesetzt, keine so intensiven Veränderungen hervorrufen, sondern dass erst das 10te mg völligen Stillstand des Herzens bewirkt.

Versuch 68. Die gleiche Versuchsanordnung, nur gleich von vornherein verdünntes Rinderblut.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
1 h. 30 m.	25	2,6	
31 m.	27	2,9	
33 m.	27	3,8	
34 m.	28	3,8	
35 m.	28	3,8	
36 m.	28	3,8	
37 m.	28	3,8	
38 m.			1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
39 m.	29	3,9	
40 m.	29	3,8	
41 m.	29	3,8	
42 m.	29	3,8	
43 m.	29	3,8	
44 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
45 m.	29	4,5	
46 m.	29	4,5	
47 m.	29	4,5	
49 m.	29	5,0	
50 m.	29	5,0	
51 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
52 m.	30	5,0	
53 m.	30	5,0	
54 m.	30	5,0	
55 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
56 m.	31	4,6	
57 m.	32	4,6	
58 m.	32	4,6	
59 m.	32	4,6	
2 h. 0 m.	32	4,6	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
2 h. 1 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
2 m.	33	4,6	
3 m.	33	4,5	
5 m.	33	4,5	
6 m.	33	4,5	
7 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
8 m.	33	4,3	
9 m.	34	4,5	
10 m.	34	4,0	
11 m.	34	4,0	
12 m.			Noch 2 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
13 m.	33	4,0	
14 m.	34	4,2	
15 m.	34	4,0	
16 m.	34	4,0	
17 m.			Noch 2 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
18 m.	33	4,1	
19 m.	33	4,0	
20 m.	33	4,0	
21 m.	33	4,0	
22 m.			Noch 2 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
23 m.	20	3,5	
24 m.	22	3,5	
25 m.	26	3,5	
26 m.	26	3,0	
27 m.	21	2,5	
28 m.	17	2,3	
29 m.	14	1,5	Stark ausgeprägte Diastole mit zeitweiligen Pausen in derselben.
30 m.	20	1,5	
31 m.	20	1,5	
32 m.	16	2,5	
33 m.			Noch 1 mg Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
34 m.	19	2,6	
35 m.	12	1,3	
36 m.	13	1,2	
37 m.	14	1,0	
38 m.	14	0,8	
39 m.	9	0	Ventrikel bleibt stehen, auf Reize schlägt er wieder, aber sehr langsam und unregelmässig.
44 m.	9	0	Das Herz wird mit unvergifteter Kochsalzmischung durchströmt; es erholt sich dabei nur sehr wenig.
47 m.	11	0.5	
48 m.	10	0,2	

Dieser Versuch zeigt, dass unser Gift *zunächst reizt und dann lähmt*, und dass die Lähmung des Herzens hier erst bei **12 mg** Sapotoxin auf 50 ccm Blutmischung eintritt. Ein Durchspülen des vergifteten Herzens mit normaler Blutmischung bewirkt dann keine vollständige Erholung desselben mehr.

Da 2 mg pro Kilo Warmblüter bereits eine tödtliche Dosis ist, so müssen wir sagen, dass *das Froschherz ganz auffallend empfindlich gegen das levantische Sapotoxin ist*; nichtsdestoweniger werden wir gleich sehen, dass *die beiden andern Substanzen noch viel schwächer auf das Herz einwirken.*

2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 69. Dieselbe Versuchsanordnung.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
10 h. 5 m.	32	6,5	
6 m.	32	6,5	
7 m.	32	6,6	
8 m.	32	6,6	
9 m.	32	6,5	
10 m.	32	6,6	
11 m.	32	6,6	
12 m.			10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
13 m.	32	6,6	
14 m.	33	6,8	
15 m.	33	6,8	
16 m.	33	6,8	
17 m.	32	6,8	
18 m.	32	6,6	
19 m.			Noch 10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
20 m.	31	6,8	
21 m.	30	6,6	
22 m.	30	6.6	
23 m.	30	6,5	
24 m.	31	6,5	
25 m.	31	6,6	
27 m.	32	6,6	
29 m.	30	6,6	
30 m.			Noch 10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
31 m.	30	6,6	
32 m.	31	6,6	
34 m.	31	6,6	
35 m.	30	6,5	
36 m.	30	6,6	
37 m.	30	6,5	
38 m.			Noch 10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
39 m.	32	6,8	
40 m.	32	6,5	
42 m.	32	6,5	
43 m.	31	6,4	
44 m.	30	6,4	
45 m.	30	6,4	
46 m.	31	6,4	
47 m.			Noch 20 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
48 m.	32	6,8	
49 m.	32	4,8	
50 m.	36	4.5	
51 m.	34	3,5	Sehr schwache Systole.
52 m.	34	3,5	
53 m.	34	3,0	
54 m.	34	3,0	
55 m.	35	3,0	
56 m.	35	2,8	
57 m.	35	2,6	
58 m.	33	2,6	
59 m.	23	2.0	
11 h. 0 m.	31	2,0	
1 m.	29	1,7	
2 m.	27	1,6	Systole kaum noch wahrnehmbar.
3 m.	27	1,7	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
11 h. 4 m.	27	1,5	
5 m.	25	1,0	
6 m.	23	1,0	
7 m.	18	0,5	Stillstand der Kammer.
8 m.	9	0	
13 m.	0	0	Der Ventrikel schlägt auch nicht auf Reize, während die Vorkammern noch schwach schlagen.
14 m.	20	0,3	Das Herz wird nach Entfernung des Giftblutes mit einer frischen Lösung von Blutkochsalzmischung durchspült; es erholt sich.
15 m.	20	0,2	
16 m.	20	0,5	
17 m.	20	0,4	
19 m.	21	1,0	
20 m.	20	1,5	
21 m.	20	1,5	
22 m.	20	2,0	
23 m.	20	2,0	
24 m.	21	1,8	
25 m.	20	1,6	
26 m.	20	1,8	
27 m.	20	2,0	
28 m.	26	2,8	
29 m.			10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
30 m.	27	2,8	
31 m.	26	2,8	
32 m.	26	2,6	
33 m.	25	2,6	
34 m.	25	2,6	
35 m.	25	2,6	
37 m.	25	2,5	
38 m.	25	2,5	
39 m.	25	2,5	
41 m.	25	2,4	
43 m.	25	2,4	
44 m.			Noch 10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
45 m.	26	2.5	
46 m.	20	1,2	
47 m.	15	0.5	Herz bleibt zeitweise in halber Diastole stehen.
48 m.	13	0,2	
49 m.	12	0	Kaum merkbare Herzschläge, die auf Reiz auch nicht grösser werden. Dauernder Stillstand.
12 h. 0 m.	11	0	
1 m.	9	0	
2 m.	0	0	

Dieser Versuch zeigt, dass erst Mengen von **60 mg** Sapindus-Sapotoxin auf 50 ccm Blutmischung auf die Herzthätigkeit schwer schädigend einwirken. Wird das vergiftete Herz jetzt sofort mit normaler Blutmischung durchspült, so gelingt es, das Organ scheinbar wieder gut zu beleben, aber bei neuer Hinzugabe von nur 20 mg Gift tritt jetzt vollständige Lähmung ein.

E. Heubel[1]) hat die Behauptung aufgestellt, dass man die abtödtende Wirkung sehr vieler Herzgifte vom Herzen des Frosches durch Auswaschen wieder fortschaffen könne. Bis zu einem gewissen Grade bestätigen Versuch 67 und 69 diese Ansicht.

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. 1889, Bd. **45**, H. 10—12.

Versuch 70. Die gleiche Versuchsanordnung. Grosses Herz.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
11 h. 20 m.	30	9,0	
21 m.	31	9,5	
22 m.	30	9,5	
24 m.	30	9,5	
25 m.	30	9,5	
26 m.	31	8,5	
28 m.			15 mg Sapindus-Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
30 m.	30	9,5	
31 m.	30	9,5	
32 m.	31	9,5	
34 m.	31	9,5	
35 m.	31	9,5	
36 m.	31	9,5	
38 m.	31	9,5	
40 m.	31	9,5	
42 m.	30	9,5	
43 m.	30	9,0	
45 m.	29	9,0	
46 m.			Noch 30 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
47 m.	29	8,0	
48 m.	26	7,5	
49 m.	24	7,5	
51 m.	22	9,5	
53 m.	23	9,5	
55 m.	24	10,0	
56 m.	26	10,0	
57 m.	25	10,0	
58 m.			Noch 20 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
59 m.	18	7,0	
12 h. 0 m.	16	6,5	
1 m.	17	6,5	
2 m.	16	6,5	
3 m.	18	6,5	
4 m.	18	6,5	
6 m.	18	6,5	
7 m.	20	7,0	
8 m.	22	6,5	
9 m.	22	6,0	
11 m.	25	3,5	Kammer zieht sich unregelmässig zusammen, bekommt Einschnürungen.
12 m.	25	2,5	
13 m.	23	2,0	
14 m.	24	1,0	
15 m.	22	0	
17 m.	0	0	Kammer steht still; Vorkammern schlagen noch kaum andeutungsweise.
18 m.	0	0	Das Herz wird nach Entfernung des Giftes mit normaler Blutmischung durchströmt.
19 m.	5	0	Die Kammer fängt an der Basis wieder an zu schlagen, während die Spitze unbeweglich steht.
30 m.	19	0,8	Herz schlägt nur an der Basis.
32 m.	19	0,8	
33 m.	22	1,0	
34 m.	22	1,0	
36 m.	22	1,3	Herzschlag wird normaler.
38 m.	24	1,6	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
12 h. 40 m.	24	1,6	Herzschlag wird normaler.
42 m.	24	1,7	
44 m.	24	1,8	Herzschlag scheinbar ganz normal.
45 m.	24	1,8	
46 m.	24	1,8	
47 m.	23	1,5	
48 m.	23	1,5	
50 m.	23	1,5	
52 m.			10 mg Gift : 50 ccm Blutmischung.
53 m.	25	1,5	
55 m.	24	2,5	
57 m.	23	1,3	
59 m.	14	0,9	
1 h. 0 m.	16	0,5	
1 m.	8	0,5	
2 m.	8	0,2	
3 m.	5	0	
4 m.	6	0	

Dieser Versuch zeigt, dass unser Gift erst in einer Menge von **65 mg** die Leistungsfähigkeit eines grossen Herzens aufhebt; beim sofort darauf vorgenommenen Durchströmen des Herzens mit normaler Blutmischung erholt sich zwar das Organ etwas, wird aber jetzt schon durch kleine Giftmengen wieder abgetödtet.

3. Versuche mit Chamälirin.

Versuch 71. Die gleiche Versuchsanordnung. Katzenblut-Kochsalzmischung.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
11 h. 4 m.	37	5,0	
5 m.	37	5,0	
6 m.	37	5,0	
7 m.	37	5,1	
8 m.	37	5,1	
9 m.	37	5,1	
11 m.	38	5,1	
12 m.			50 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
13 m.	39	6,0	
14 m.	37	5,0	
15 m.	37	4,5	
16 m.	37	4,5	
18 m.	37	4,5	
19 m.	37	4,5	
21 m.	36	4,0	
22 m.	37	4,0	
24 m.	36	4,3	
26 m.	36	4,5	
27 m.	36	4,5	
29 m.	36	4,8	
30 m.	35	4,8	
31 m.	35	4,8	
33 m.	35	4,8	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
11 h. 34 m.			Noch 30 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
35 m.	35	6,5	
36 m.	35	6,5	
37 m.	35	6,5	
38 m.	35	6,5	
40 m.	35	6,3	
42 m.	35	6,5	
44 m.	35	6,0	
45 m.	33	5.5	
46 m.	32	5,5	
47 m.	32	5,5	
49 m.	24	3,0	
50 m.	24	3,2	
51 m.	24	3,2	
52 m.	23	3,5	Herzschläge unregelmässig.
53 m.	21	3,5	
54 m.	23	3,3	
55 m.	23	3,3	
56 m.	23	3,3	Stark ausgesprochene Diastole.
57 m.	23	3,3	
58 m.	23	3,3	
59 m.			Noch 30 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
12 h. 0 m.	21	1,5	
1 m.	20	1,5	
2 m.	20	1,5	
3 m.	20	2,5	
4 m.	20	2,0	
5 m.	18	1,5	Herzschläge sehr unregelmässig und flach.
6 m.	19	1,6	
7 m.	19	1,5	
8 m.	19	1,5	
10 m.	18	1,3	
11 m.	18	1,3	
13 m.	16	1,0	Herzschläge kaum noch wahrnehmbar.
14 m.	16	1,0	
15 m.	0	0	Das Herz wird nach Entfernung des Giftes mit normaler Blutmischung durchströmt.
18 m.	6	0,5	Es belebt sich wieder; zunächst schlägt es aber noch sehr langsam und schwach.
20 m.	18	1,6	
21 m.	19	2,0	Das Schlagen ist etwas besser geworden. (21–23 m.)
22 m.	19	2,1	
23 m.	18	2,0	
24 m.	15	1,6	
25 m.	15	1,6	
26 m.	16	1,0	Herz erlahmt von Neuem, also ohne Gift. (26–29 m.)
27 m.	12	1,0	
28 m.	13	1,0	
29 m.	10	0,5	
30 m.	10	0	
31 m.	8	0	
32 m.	0	0	Auch auf Reize schlägt das Herz nicht mehr.

Dieser Versuch zeigt, dass eine Menge von **80 mg** Chamälirin auf 50 ccm Blutmischung die Frequenz und die Intensität der einzelnen Herzcontractionen erst nach 12 Minuten langer Einwirkung schwächt. Eine Menge von **110 mg** bewirkt vollständige Lähmung des

Herzens, die auch bei Durchleiten von neuem Blute nicht dauernd beseitigt werden kann.

Versuch 72. Die gleiche Versuchsanordnung. Sehr kräftiges Herz.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
11 h. 33 m.	39	4,0	
35 m.	39	5,0	
36 m.	39	5,5	
38 m.	38	5,5	
39 m.	38	5,5	
40 m.	38	5,7	
41 m.	37	6,0	
42 m.	36	5,8	
44 m.	36	6,0	
46 m.	36	6,0	
47 m.			50 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
48 m.	36	6,0	
49 m.	35	6,0	
50 m.	35	5,8	
51 m.	34	5,6	
52 m.	35	5,6	
54 m.	35	5,6	
55 m.	35	5,5	
57 m.	35	5,5	
59 m.	35	5,5	
12 h. 0 m.	35	5,5	
1 m.	35	5,5	
3 m.	35	5,5	
4 m.	35	5,5	
6 m.	34	5,5	
7 m.	34	5,4	
8 m.	34	5,4	
9 m.	34	5,4	
10 m.			Noch 50 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
11 m.	33	5,5	
13 m.	33	5,2	
14 m.	33	5,2	
15 m.	33	5,0	
17 m.	33	5,0	
19 m.	33	5,0	
20 m.	33	5,0	
21 m.	32	4,8	
22 m.	31	5,0	
23 m.	31	5,0	
24 m.			Noch 50 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
26 m.	31	5,0	
27 m.	30	5,0	
29 m.	30	5,0	
30 m.	30	4,5	
32 m.	30	4,6	
33 m.	31	4,6	
34 m.	30	5,0	
36 m.	30	5,0	
37 m.	30	5,0	
39 m.	30	5,0	
40 m.			Noch 50 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
41 m.	28	5,0	
42 m.	28	4,6	
44 m.	28	4,5	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
12 h. 46 m.	28	4,0	
47 m.	28	4,0	
49 m.	27	3,8	
50 m.	27	4,0	
51 m.	28	3,7	
53 m.	26	3,6	
54 m.	26	3,6	
55 m.			Noch 20 mg Chamälirin : 50 ccm Blutmischung.
56 m.	21	3,0	
58 m.	21	3,0	
59 m.	21	3,0	
1 h. 1 m.	21	3,0	
3 m.	19	2,6	
4 m.	19	2,6	
5 m.	17	2,5	
6 m.	17	2,3	
8 m.	19	2,5	
9 m.	19	2,5	
11 m.	17	2.5	Herzcontractionen werden unregelmässig.
12 m.	16	1,7	
13 m.	15	1,7	
14 m.	15	1.7	Contractionen sehr schwach.
25 m.	0	0	Herz steht still.
2 h. 55 m.	8	1.0	Das seit 30 Minuten still stehende Herz wird nach Entfernung des Giftes mit normaler Blutmischung durchspült.
57 m.	16	1,0	
58 m.	19	1.0	
59 m.	23	0,5	
3 h. 0 m.	23	0.5	
1 m.	21	0	
2 m.	21	0,5	
3 m.	21	0,5	
4 m.	23	1,0	
5 m.	23	0.5	
6 m.	21	0.5	
7 m.	22	0	
8 m.	21	0	Versuch wird abgebrochen.

Aus diesem Versuche ersieht man, dass eine Menge von **200 mg** Chamälirin die Herzthätigkeit zwar auf Null herabsetzt, aber selbst bei sehr langer Einwirkung nicht vollständig lähmt; es gelingt vielmehr durch Ausspülen mit normaler Blutflüssigkeit wieder Pulsationen, wenn auch energielose, hervorzurufen.

Die vorstehenden Versuche am Froschherz ergeben, dass meine drei Saponinsubstanzen ganz analog ihrer deletären Einwirkung auf periphere Nerven und auf die willkürliche Musculatur auch eine mehr oder weniger vollständige Lähmung des Herzprotoplasmas bewirken. Am stärksten von diesen Substanzen wirkt das levantische Sapotoxin, dann das Sapindus-Saponin und endlich erst am schwächsten das Chamälirin.

Es kann jedoch nicht geleugnet werden, dass die Wirkung auf den Herzmuskel und auf die Herznerven eine schwächere ist, als man nach den Versuchen der vorhergehenden Kapitel erwarten sollte, so dass wir das Herz des Frosches als relativ wenig empfindlich gegen

unsere Gifte bezeichnen müssen. Wir werden weiter unten sehen, dass dies auch für das Warmblüterherz gilt. Diese relative Unempfindlichkeit zeigt sich auch in der schon erwähnten, von Heubel für einige Herzgifte besonders betonten Eigenthümlichkeit, dass nach scheinbar vollständiger Lähmung eine Auswaschung mit unvergifteter Blutkochsalzmischung wieder Contractionen hervorruft.

Nach älteren Versuchen von H. Koehler und nach neueren von G. Rummo[1]) sollen die Saponinsubstanzen auf das Herz gerade umgekehrt wirken als die Substanzen der Digitalingruppe. Ich kann auf Grund meiner Versuche diese Angabe durchaus nicht bestätigen.

Nach Greene[2]) soll das Chamälirin ein Herzgift sein, welches vorzugsweise diastolischen, ausnahmsweise auch systolischen Stillstand bedingt. Aus meinen Versuchen glaube ich schliessen zu können, dass unsere Substanzen weder characteristische Systole noch characteristische Diastole machen, sondern einen Stillstand in Mittelstellung.

Zum Schluss muss ich noch erwähnen, dass bei allen Williams-schen Versuchen eine im nächsten Kapitel näher zu besprechende Wirkung mit in Betracht kommt, welche in theilweiser Auflösung der rothen Blutkörperchen besteht. Aus diesem Grunde habe ich auch einen Versuch bei der giftigsten meiner drei Substanzen mit Serum statt mit Blut angestellt. Bei den beiden andern war die Giftwirkung auf's Herz so schwach, dass es kaum der Mühe gelohnt hatte, die Versuche mit Serum zu wiederholen. Ein Unterschied in der Wirkung würde wohl kaum merkbar gewesen sein.

VIII. Wirkung meiner Substanzen auf das Blut.

Wie das Protoplasma aller Gewebe des Körpers, so wird auch das des Blutes durch die Saponinsubstanzen verändert, indem die rothen Blutkörperchen theilweise aufgelöst werden, wodurch das Blut lackfarbig und eigenthümlich dunkel wird.

Man stellt die Versuche am besten so an, dass man das Blut 50—100fach mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, davon Proben von 10—25 ccm in dicke Reagensgläser einfüllt und das Gift in verschiedener Concentration hinzufügt. Nach 1—6—12 Stunden hat sich dann bei den unwirksamen Giften oben farbloses Serum gebildet und die Blutkörperchen liegen als dichte Masse am Boden; bei den wirksamen Giften aber hat sich eine rothe Lösung mit weissem Bodensatz gebildet oder der Bodensatz fehlt auch gänzlich. Das Blut war Rinderblut in den meisten meiner Versuche.

---

[1]) Sul concetto dei farmaci cardiaci e sopratutto dell'azione della saponina sul cuore e suo antagonismno coi veri tossici del cuore, del prof. G. Rummo. La Medicina contemporanea **1**, 1884, p. 70; Rivista di chimica medica e farmaceutica vol. **2**, 1884, p. 287.

[2]) On the physiological action of Chamaelirin. Philadelphia Medical Times 1880, p. 565; Virchow-Hirsch, Jahresbericht 1880, **1**, p. 465.

Tabelle der Auflösung des 50—100fach mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnten Rinderblutes durch einige Agentien.

Name der Substanz.	Völlige	Theilweise	Name des Beobachters.
	Auflösung der rothen Blutkörperchen erfolgt noch bei einer Concentration des Giftes von		
Cyclamin	1 : 100000	1 : 285000	Tufanow
Herniaria-Saponin	1 : 40000		Kobert
Levantisches Sapotoxin	1 : 20000	1 : 50000	Kruskal
Sapindus-Sapotoxin	1 : 14000	1 : 25000	Kruskal
Senegin	1 : 12000	1 : 32000	Kobert
Quillaja-Sapotoxin	1 : 10000	1 : 150000	Kobert, Pachorukow
Solanin	1 : 8300	1 : 12000	Kobert
Quillajasaures Natron	1 : 8000	1 : 100000	Kobert, Tufanow
Senegin	1 : 8000	1 : 32000	Atlass
Ricinussolvin	1 : 5000	1 : 8000	Kobert
Chamälirin	1 : 700	1 : 800	Kruskal
Chenocholsaures Natron	1 : 700	1 : 1500	Rywosch
Taurocholsaures Natron	1 : 600		Rywosch
Choloidinsaures Natron	1 : 500		Rywosch
Cholsaures Natron	1 : 200		Rywosch
Hyocholsaures Natron	1 : 200		Rywosch
Kohlensaures Natron	1 : 70	1 : 150	Kruskal
Glycocholsaures Natron	1 : 50		Rywosch
Aether	1 : 13		Tufanow

Das levantische Sapotoxin brachte, wie die Tabelle zeigt, eine vollständige Lösung der rothen Blutkörperchen des bekanntlich ziemlich resistenzfähigen Rinderblutes noch bei einer Concentration von 1 : 20000; das Sapindus-Sapotoxin noch bei einer Verdünnung von 1 : 14000 und das Chamälirin bloss noch bei 1 : 700 hervor.

Bei diesen drei Substanzen ist also die Intensität der Wirkung auf das Blut der Intensität der Wirkung auf den Gesammtorganismus ungefähr proportional, bei einigen anderen in der Tabelle aufgeführten aber nicht. Eine der von mir angeführten Zahlen, nämlich die für Solanin, stimmt nicht überein mit der Angabe von Perles[1]), welcher damit noch bei 100000facher Verdünnung Auflösung der Blutkörperchen erzielte. Der Grund der Differenz liegt wohl darin, dass Perles mit Meerschweinchenblut arbeitete, welches vielleicht leichter löslich ist.

Endlich darf ich nicht unterlassen zu betonen, dass bei concentrirterem Blute, wie wir es z. B. im Williams'schen Apparate anwenden (30 : 70), die Auflösung eine ganz ausserordentlich viel geringere ist als in obiger Tabelle. Entfernt man aus dem Blute das Serum und suspendirt die Blutkörperchen 1—2⁰/₀ig in physiologischer Kochsalzlösung, so wirken die Saponinsubstanzen stärker als bei Anwesenheit des Serums.

---

1) Schmiedeberg's Archiv Bd. **26**, 1890, p. 92.

IX. Wirkung meiner Substanzen auf den Blutdruck.

Angesichts der Thatsache, dass die Saponinsubstanzen Protoplasmagifte sind, welche fast alle Gewebe abtödten, musste natürlich auch erwartet werden, dass sie auf die Gefässe und deren Nerven energisch einzuwirken im Stande sind. Ein Umstand sprach freilich dagegen: wir haben nämlich früher (S. 48—52) gesehen, dass die Thiere nach der Einführung des Giftes ins Blut sich noch viele Stunden lang ganz normal verhalten können. War diese Beobachtung richtig, so konnte bei einem gewöhnlichen Blutdruckversuch, wo wir schon nach wenigen Minuten die Wirkung der Einspritzung sehen wollen, kaum ein schlagender Erfolg erwartet werden.

Versuch 73. Katze von 3200 g. Manometer in der Carotis communis dextra. In die Vena jugularis sinistra wird eine Injectionscanüle eingeführt und hier befestigt. Nun wird das Thier tracheotomirt, curarisirt, künstliche Athmung eingeleitet und von Zeit zu Zeit Gift intravenös eingespritzt. T. bedeutet die Zeit, Bd. den in Millimeter Quecksilber abgelesenen Blutdruck und P. die Pulsfrequenz pro Minute. Zur Injection wurde levantisches Sapotoxin verwendet.

T.	Bd.	P.	Bemerkungen.
10 h. 27 m.	180—190	184	Injection von 5 mg Curare.
29 m.	176—190	166	
30 m.	178—196	166	
31 m.	120—140	176	
32 m.	100—140	189	
33 m.	100—140	200	
34 m.			1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
35 m.	110—150	196	
36 m.	130—170	196	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
38 m.	130—170	196	
39 m.	130—170	192	
40 m.	130—170	192	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
42 m.	130—170	188	
43 m.	130—170	192	
44 m.	130—160	188	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
46 m.	130—170	180	
47 m.	140—170	192	
48 m.	130—160	176	
50 m.	110—140	172	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
51 m.	110—130	182	
52 m.	110—120	172	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
54 m.	110—130	170	
55 m.	110—130	168	
57 m.	110—136	164	Puls noch sehr schön kräftig, wie im Anfang.
58 m.	110—140	164	
59 m.	110—136	170	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
11 h. 0 m.	110—136	164	
1 m.	110—136	170	
2 m.	116—136	168	
3 m.	130—140	164	
4 m.	130—150	164	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
5 m.	130—150	162	
6 m.	130—150	162	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
8 m.	110—130	162	

T.	Bd.	P.	Bemerkungen.
11 h. 9 m.	110—130	164	
10 m.	110—120	186	
11 m.	120—130	164	
12 m.	120—130	180	
14 m.	120—130	176	
16 m.	110—130	184	1 ccm Lösung = 13 mg Sapotoxin.
17 m.	110—130	184	
18 m.	110—130	142	
19 m.	110—130	188	
20 m.	110—130	188	
21 m.	110—120	176	
22 m.	110—130	184	
24 m.	110—130	180	
25 m.	110—130	176	
27 m.	110—130	180	
28 m.	110—124	160	
29 m.	110—114	136	
30 m.	110—130	136	
32 m.	110—130	136	0,5 ccm Lösung = 6 mg Sapotoxin.
33 m.	110—130	136	
34 m.	100—120	152	
35 m.	96—116	148	
36 m.	96—104	160	
38 m.	140—150	176	
39 m.	140—150	188	
40 m.	110—124	168	
41 m.	100—116	132	
42 m.	96—104	136	
43 m.	90—104	128	
44 m.	90—105	124	
46 m.	90—100	120	
47 m.	96—104	128	
49 m.	96—104	124	
50 m.	96—104	124	
52 m.	90— 96	120	
53 m.	90— 96	120	
54 m.	90— 96	120	Puls fast noch so kräftig wie zu Anfang.
56 m.	90— 94	120	
57 m.	80— 90	120	
58 m.	76— 84	120	
12 h. 0 m.	76— 80	96	
1 m.	80— 84	124	
2 m.	64— 70	116	
3 m.	80— 90	124	
5 m.	90—100	100	
6 m.	90—100	116	
8 m.	80— 90	116	
9 m.	80— 90	118	
10 m.	76— 84	116	
11 m.	72— 80	104	
12 m.	66— 76	104	
13 m.	60— 64	116	
14 m.	60— 70	90	
15 m.	70— 76	124	
16 m.	70— 76	128	
17 m.	70— 76	120	
18 m.	70— 76	128	
19 m.	76— 80	140	
20 m.	70— 80	100	

T.	Bd.	P.	Bemerkungen.
12 h. 21 m.	70— 80	120	
22 m.	70— 76	124	
24 m.	70 – 76	106	
26 m.	70— 76	80	
27 m.	70— 76	100	
28 m.	80— 92	116	Die Katze erwacht und bewegt die Beine.
29 m.	110—120	112	
30 m.	110—120	120	
31 m.	90—110	120	
32 m.	90—100	104	
33 m.	100—110	114	
34 m.	80— 90	118	
35 m.	80— 90	118	
36 m.	100—110	120	
37 m.	90--100	124	
38 m.	80— 90	124	
39 m.	80— 90	124	Sie lässt blutfreien Harn.
40 m.	90—100	120	
41 m.	80—100	120	
42 m.	100—110	120	
44 m.	100—110	116	
45 m.	110—116	116	
46 m.	100—110	116	
47 m.	110—116	112	
49 m.	90— 96	108	
50 m.	90— 96	108	
51 m.	90— 96	108	
52 m.	90	104	
53 m.	90	104	
54 m.	90	104	Abbruch des Versuches.

Die Katze wird entblutet, das Herz ausgeschnitten und in warmes Wasser gelegt: es schlägt darin noch einige Minuten ganz deutlich. Das Arterienblut gerinnt an der Luft sehr langsam.

Section: Unter dem Endocard des linken Ventrikels starke Blutaustritte; im Darm keine Blutungen.

Der Versuch zeigt, dass das levantische Sapotoxin selbst in einer die tödtliche Menge stark überschreitenden Dose von **136 mg** sofort auf den Blutdruck nur sehr wenig und auf den Puls gar nicht einwirkt, selbst wenn man Stunden lang die Beobachtung fortsetzt. Die Wirkung kommt eben erst langsam und später. Das Intactbleiben des Pulses zu einer Zeit, wo schon schwere anatomische Veränderungen des Herzens vorliegen, ist sehr auffallend. Bemerkenswerth ist auch, dass der Harn trotz der enormen Giftmenge nicht einmal Spuren von Haemoglobin enthielt.

Versuch 74. Hund von 2250 g, auf dieselbe Weise wie im vorigen Versuch behandelt. Tracheotomirt, curarisirt, künstliche Athmung eingeleitet und von Zeit zu Zeit mit Sapindus-Sapotoxin intravenös vergiftet.

T.	Bd.	P.	Bemerkungen.
11 h. 45 m.	130—140	170	
46 m.	120—130	172	Injection von 13 mg Gift.
47 m.	100—190	172	

T.	Bd.	P.	Bemerkungen.
11 h. 48 m.	100—120	200	
49 m.	100—120	200	
50 m.	116—130	200	
52 m.	116—130	200	
53 m.	126—140	196	
54 m.	126—150	200	Injection von 13 mg Gift.
56 m.	104—120	168	
57 m.	96—110	178	
58 m.	110—120	180	
59 m.	116—130	180	Injection von 8 mg Gift.
12 h. 1 m.	116—130	180	
2 m.	130—150	176	
3 m.	130—150	180	
4 m.	130—150	180	
5 m.	140—150	176	
7 m.	140—150	200	
8 m.	130—144	200	Injection von 26 mg Gift.
9 m.	90—100	156	
10 m.	80— 90	160	
12 m.	100—124	168	
13 m.	90—100	180	
15 m.	90—100	180	
16 m.	110—124	200	Injection von 26 mg Gift.
17 m.	110—120	152	
18 m.	110—120	154	
19 m.	100—120	164	
21 m.	100—120	164	Injection von 26 mg Gift.
23 m.	90—100	160	
24 m.	70— 80	156	
25 m.	80— 90	160	
27 m.	80— 90	152	
28 m.	84— 90	142	
29 m.	70— 90	146	Injection von 26 mg Gift.
30 m.	70— 90	148	
31 m.	80— 90	152	
32 m.	80— 90	158	
33 m.	80— 90	152	
34 m.	76— 80	152	
35 m.	70— 90	152	
37 m.	70— 90	148	
38 m.	70— 80	150	
39 m.	70— 90	148	
40 m.	70— 90	148	
42 m.	60— 80	140	
43 m.	60— 80	148	
44 m.	60— 80	148	
46 m.	70— 80	148	
47 m.	70— 80	154	
48 m.	70— 90	158	
50 m.	70— 90	158	
51 m.	70— 90	160	
52 m.	70— 80	160	
53 m.	70— 90	160	
54 m.	70— 90	162	
55 m.	70— 90	158	
56 m.	70— 90	158	
57 m.	70— 90	158	
59 m.	60— 80	158	
1 h. 3 m.	70— 90	160	

T.	Bd.	P.	Bemerkungen.
1 h. 4 m.	70—90	160	
5 m.	70—90	158	
6 m.	70—90	158	
7 m.	80—90	152	
8 m.	80—90	152	
10 m.	80—90	152	Injection von 26 mg Gift.
11 m.	70—80	140	
12 m.	60—70	140	
13 m.	60—70	142	
14 m.	60—70	148	
16 m.	70—80	152	
17 m.	70—90	158	Injection von 26 mg Gift.
18 m.	60—90	140	
19 m.	70—80	140	
20 m.	70—90	158	
21 m.	70—90	158	
22 m.	70—80	158	
25 m.	70—90	152	Versuch abgebrochen.

Das Thier wird entblutet; das Blut, geschlagen, gerinnt langsamer als es sonst zu thun pflegt. Das nicht geschlagene Blut war nach 20 Minuten noch nicht geronnen.

Section: Das Herz schlägt während der Section noch eine Zeitlang fort; selbst aufgeschnitten schlägt es noch circa 10 Minuten lang. Im linken Ventrikel starke subendocardiale Blutaustritte. Der Darm röther, als bei einem vorher entbluteten Thiere zu erwarten war. Sonst alle Organe ohne Veränderungen.

Dieser Versuch zeigt, dass auch das Sapindus-Sapotoxin selbst in der enorm hohen Dose von **190 mg** sofort auf den Blutdruck und den Puls nur sehr wenig einwirkt. Das Intactbleiben des Pulses zu einer Zeit, wo schon schwere anatomische Veränderungen des Herzens vorliegen, ist ebenso wie bei dem levantischen Sapotoxin sehr auffallend.

Ich hätte jetzt eigentlich auch noch einen Versuch mit Chamälirin machen sollen, doch unterliess ich ihn, da er wohl gerade so ausgefallen wäre.

Es scheint eine Eigenthümlichkeit aller Saponinsubstanzen zu sein, dass sie auf den Blutdruck selbst bei Injection von mehr als tödtlichen Dosen nicht unmittelbar einwirken, während kurz vor dem Tode, wie man auch ohne Manometer feststellen kann, der Blutdruck allerdings beträchtlich erniedrigt ist.

Es musste nun von Interesse sein, das Verhalten der lebenden Gefässwand an sogenannten Durchströmungsversuchen weiter zu verfolgen. Derartige Versuche bringt uns das folgende Kapitel.

X. Wirkung meiner Substanzen auf überlebende Organe von Warmblütern.

Diese Versuche wurden an Organen eben geschlachteter Thiere mit dem unverdünnten Blute desselben Thieres vorgenommen. Vom Momente des Todes der Thiere bis zum Beginn des Durchströmungsversuches vergingen höchstens 40 Minuten. Die Organe wurden mit den nöthigen Cautelen behandelt und die Durchströmungsversuche in der von Kobert und Thomson angegebenen Weise ausgeführt, die in diesen Institutsarbeiten schon oft besprochen worden ist. T. bedeutet die Zeit und Q. die pro Minute aus der Vene des Organs abgeflossene Blutmenge in ccm.

1. Versuche mit levantischem Sapotoxin.

Versuch 75. Kalbsniere.

T.	Q.
Normales Blut.	
3 h. 18 m.	29,0
19 m.	20,0
20 m.	23,0
21 m.	22,0
22 m.	14,0
23 m.	14,0
24 m.	14,0
25 m.	14,0
26 m.	15,0
27 m.	14,0
28 m.	15,0
29 m.	15,0
20 mg Sapotoxin : 100 ccm Blut.	
30 m.	17,5
Normales Blut.	
31 m.	19,0
32 m.	16,0
33 m.	16,0
34 m.	15,0
35 m.	16,0
36 m.	16,0
Gift derselben Concentration.	
37 m.	19,5
38 m.	19,0
3 h. 39 m.	18,0
40 m.	14,5
Normales Blut.	
41 m.	11,0
42 m.	11,0
43 m.	11,0
44 m.	10,5
45 m.	11,0
Gift derselben Concentration.	
46 m.	15,0
47 m.	13,0
48 m.	11,0
Normales Blut.	
49 m.	10,0
50 m.	10,0
51 m.	10,0
52 m.	9,0
53 m.	9,0
Gift derselben Concentration.	
54 m.	11,5
55 m.	16,0
Normales Blut.	
56 m.	13,0
57 m.	10,0
58 m.	10,0
3 h. 59 m.	9,0
4 h. 0 m.	9,0
Gift derselben Concentration.	
1 m.	11,5
2 m.	11,5
3 m.	13,0
4 m.	13,0
5 m.	13,0
Normales Blut.	
6 m.	12,0
7 m.	9,0
8 m.	9,0
9 m.	5,0
10 m.	6,0
11 m.	6,0
40 mg Gift : 100 ccm Blut.	
12 m.	11,0
13 m.	11,0
Normales Blut.	
14 m.	10,0
15 m.	8,0
16 m.	5,0
17 m.	3,0
Die Niere ist abgestorben. Versuch abgebrochen.	

Versuch 76. Kalbsniere.

T.	Q.
Normales Blut.	
3 h. 6 m.	10,0
7 m.	14,0
8 m.	12,0
9 m.	12,0
10 m.	14,0
11 m.	16,0
12 m.	16,0
13 m.	14,0
14 m.	11,0
15 m.	13,0
16 m.	10,0
17 m.	10,0
18 m.	11,0
19 m.	10,0
20 m.	10,0
20 mg Gift : 100 ccm Blut.	
21 m.	14,0
22 m.	14,0
Normales Blut.	
23 m.	11,0
24 m.	11,0
25 m.	8,0
26 m.	7,0
27 m.	7,0
28 m.	8,0
29 m.	7,0
Gift derselben Concentration.	
30 m.	9,0
31 m.	9,0
Normales Blut.	
3 h. 32 m.	7,0
33 m.	7,0
34 m.	7,0
35 m.	7,0
Gift derselben Concentration.	
36 m.	8,0
37 m.	8,0
38 m.	8,0
Normales Blut.	
39 m.	7,0
40 m.	7,0
41 m.	7,0
42 m.	7,0
43 m.	7,0
40 mg Sapotoxin : 100 ccm Blut.	
44 m.	8,0
45 m.	7,0
46 m.	6,0
47 m.	5,0
48 m.	5,0
Normales Blut.	
49 m.	4,0
50 m.	4,0
51 m.	4,0
52 m.	4,5
3 h. 53 m.	4,5
54 m.	6,0
55 m.	6,5
57 m.	6,5
58 m.	6,0
59 m.	6,0
Gift derselben Concentration.	
4 h. 0 m.	6,0
1 m.	7,0
2 m.	4,0
3 m.	5,0
4 m.	5,0
5 m.	4,0
6 m.	4,0
7 m.	4,0
8 m.	3,5
9 m.	4,0
Normales Blut.	
10 m.	3,0
11 m.	3,0
12 m.	4,0
13 m.	4,0
14 m.	3,5
15 m.	3,0

Niere ist abgestorben. Versuch abgebrochen.

Versuch 77. Ochsenfuss.

T.	Q.
Normales Blut.	
3 h. 45 m.	5,0
46 m.	5,0
47 m.	5,0
48 m.	4,5
49 m.	4,5
50 m.	5,0
51 m.	5,0
52 m.	5,0
20 mg Sapotoxin : 100 ccm Blut.	
53 m.	6,0
54 m.	6,5
55 m.	8,0
56 m.	8,0
57 m.	7,0
Normales Blut.	
3 h. 58 m.	7,0
59 m.	7,0
4 h. 0 m.	7,0
1 m.	7,0
2 m.	8,5
3 m.	9,5
4 m.	9,0
5 m.	9,0
6 m.	9,5
7 m.	9,5
Gift derselben Concentration.	
8 m.	10,0
9 m.	9,5
10 m.	9,5
4 h. 11 m.	9,0
12 m.	8,0
Normales Blut.	
13 m.	8,0
16 m.	8,0
17 m.	7,0
18 m.	7,0
19 m.	7,0
20 m.	8,0
21 m.	8,0
22 m.	8,0
40 mg Gift : 100 ccm Blut.	
23 m.	9,0
24 m.	9,0
25 m.	6,0
26 m.	3,0
27 m.	3,0

T.	Q.	T.	Q.	T.	Q.
Normales Blut.		4 h. 37 m.	3,0	Gift derselben Concentration.	
4 h. 28 m.	3,0	38 m.	3,0	4 h. 49 m.	6,0
29 m.	3,0	Normales Blut.		50 m.	4,0
30 m.	5,0	39 m.	2,0	51 m.	3,0
31 m.	5,0	40 m.	3,0	52 m.	3,0
32 m.	6,0	41 m.	5,0	53 m.	2,0
33 m.	6,0	42 m.	4,0	54 m.	2,0
Gift derselben Concentration.		43 m.	4,5	Der Fuss ist abgestorben.	
34 m.	6,0	44 m.	5,0	Versuch abgebrochen.	
35 m.	5,0	45 m.	5,0		
36 m.	3,0	46 m.	4,0		
		47 m.	5,0		
		48 m.	5.5		

2. Versuche mit Sapindus-Sapotoxin.

Versuch 78. Kalbsniere.

T.	Q.	T.	Q.	T.	Q.
Normales Blut.		4 h. 6 m.	5,5	4 h. 22 m.	4,0
3 h. 49 m.	5,0	7 m.	5,0	23 m.	4,0
50 m.	5,0	8 m.	6.0	24 m.	4,0
51 m.	5,0	9 m.	5,5	25 m.	4,0
52 m.	5,5	10 m.	5,5	40 mg Gift : 100 ccm Blut.	
53 m.	5,5	11 m.	4,5	26 m.	3,0
54 m.	6,5	12 m.	4,0	27 m.	5,0
55 m.	6,0	Gift derselben Concentration.		28 m.	5,0
56 m.	6,0	13 m.	6,0	29 m.	3,0
57 m.	6,0	14 m.	6,0	30 m.	3,0
58 m.	6,0	15 m.	5,0	Normales Blut.	
20 mg Gift : 100 ccm Blut.		16 m.	5,0	31 m.	2,0
59 m.	10,0	17 m.	5,0	32 m.	2,0
4 h. 0 m.	10,0	Normales Blut.		33 m.	2,0
1 m.	7,0	18 m.	4,0	34 m.	2,0
2 m.	6,0	19 m.	5,0	35 m.	1,5
3 m.	6,0	20 m.	5,0	36 m.	1,5
Normales Blut.		21 m.	5,0	Die Niere ist abgestorben.	
4 m.	5,0			Versuch abgebrochen.	
5 m.	6,0				

3. Versuche mit Chamälirin.

Versuch 79. Ochsenniere.

T.	Q.	T.	Q.	T.	Q.
Normales Blut.		3 h. 22 m.	67,0	40 mg Chamälirin : 100 ccm Blut.	
3 h. 20 m.	72,0	23 m.	63,0	3 h. 25 m.	93,0
21 m.	66,0	24 m.	67,0		

T.	Q.
Normales Blut.	
3 h. 26 m.	87,0
27 m.	75,0
28 m.	70,0
29 m.	63,0
30 m.	67,0
31 m.	62,0
32 m.	61,0
Gift derselben Concentration.	
33 m.	82,0
34 m.	115,0
Normales Blut.	
35 m.	71,0
36 m.	54,0
37 m.	52,0
38 m.	50,0
20 mg Gift : 100 ccm Blut.	
39 m.	72,0
40 m.	135,0
Normales Blut.	
3 h. 41 m.	112,0
42 m.	97,0
43 m.	65,0
44 m.	60,0
45 m.	55,0
46 m.	45,0
47 m.	45,0
48 m.	42,0
Gift derselben Concentration.	
49 m.	48,0
50 m.	63,0
51 m.	67,0
Normales Blut.	
52 m.	50,0
53 m.	47,0
54 m.	33,0
Gift derselben Concentration.	
3 h. 55 m.	39,0
56 m.	51,0
57 m.	51,0
Normales Blut.	
58 m.	37,0
59 m.	24,0
4 h. 0 m.	20,0
Gift derselben Concentration.	
1 m.	53,0
2 m.	59,0
3 m.	48,0
Normales Blut.	
4 m.	26,0
5 m.	16,0
Niere abgestorben. Versuch abgebrochen.	

Der Uebersicht wegen gebe ich auf der folgenden Seite eine Tabelle, welche die Wirkung der drei Saponinsubstanzen auf das Kaliber der Gefässe der isolirten Organe der Warmblüter, procentisch umgerechnet, veranschaulichen soll.

Die Tabelle zeigt, dass alle drei Saponinsubstanzen auf die Gefässe der Niere eines Warmblüters erweiternd wirken. Auffallend ist, dass das Chamälirin am stärksten, das levantische Sapotoxin am schwächsten erweiternd wirkt; das Sapindus-Sapotoxin steht wie immer in der Mitte. Es sind zu wenig Versuche, um behaupten zu können, dass das Chamälirin immer am stärksten wirken werde; aber soviel ersieht man doch daraus, dass alle drei Substanzen die Nierengefässe erweitern, selbst wenn die Concentration des Giftes im Blute nur 2 : 10000 beträgt und die Einwirkung nur drei Minuten dauert. Bei anderen Organen ist dies, wie meine wenigen Versuche am Fuss zeigen, nicht so der Fall. Es ist auch aus anderen Untersuchungen bekannt, dass gerade die Nierengefässe ein besonders empfindliches Reagens für Gefässgifte sind.

Wir werden wohl kaum irre gehen, wenn wir unsere Erweiterung durch die drei Saponinsubstanzen so erklären, dass wir sagen, die Gefässwandung wird durch das Gift in ihrer Vitalität sofort etwas geschwächt und verliert daher ihren Tonus. Bei den Blutdruckversuchen kommt diese Wirkung nicht zum Ausdruck, weil die Erweiterung in den ersten Stunden der Vergiftung vom vasomotorischen Centrum aus prompt compensirt wird.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Nr. des Versuchs.	Thierart.	Organ.	Pharmakologisches Agens.	Pro Mille-Gehalt des Blutes an Gift.	Dauer der Einwirkung in Minuten.	Erzielte grösste Veränderung der Ausflussgeschwindigkeit in Procenten.	Durchgeströmte absolute Menge des Giftes in mg.	Bemerkungen.
1.	Kalb	Niere	Levantisches Sapotoxin	0,2	1	+ 27	3,6	
	"	"		0,2	4	+ 22	14,0	Die Wirkung lässt schon in der 3. Minute der Durchströmung wieder nach.
	"	"		0,2	3	+ 36	8,0	
	"	"		0,2	2	+ 68	5,6	
	"	"		0,2	5	+ 47	12,4	
	"	"		0,4	2	+ 83	8,8	
2.	Kalb	Niere		0,2	2	+ 40	5,6	
	"	"		0,2	2	+ 12	3,6	Die Wirkung lässt schon in der 2. Minute der Durchströmung wieder nach.
	"	"		0,2	3	+ 14	4,8	
	"	"		0,4	5	+ 14	12,0	Die Wirkung lässt schon in der 3. Minute der Durchströmung wieder nach.
	"	"		0,4	10	+ 17	18,4	Die Wirkung tritt erst in der 2. Minute ein und lässt schon in der 3. Minute der Durchströmung wieder nach.
3.	Ochs	Fuss	Levantisches Sapotoxin	0,2	5	+ 60	7,0	Die Wirkung tritt erst in der 3. Minute ein und hört schon in der 4. wieder auf.
	"	"		0,2	5	+ 9	9,0	
	"	"		0,4	5	+ 12	12,0	Die Wirkung lässt schon in der 2. Minute der Durchströmung wieder nach.
	"	"		0,4	5	+ 0	8,0	
	"	"		0,4	6	+ 9	8,0	Die Wirkung lässt schon in der 2. Minute der Durchströmung wieder nach.
4.	Kalb	Niere	Sapindus-Sapotoxin	0,2	5	+ 67	7,8	
	"	"		0,2	5	+ 50	5.4	Die Wirkung lässt schon in der 4. Minute der Durchströmung nach.
	"	"		0,4	5	+ 25	7,6	
5.	Ochs	Niere	Chamälirin	0,4	1	+ 39	37,2	
	"	"		0,4	2	+ 88	78,8	
	"	"		0.2	2	+ 170	41,4	
	"	"		0,2	3	+ 59	35,6	
	"	"		0.2	3	+ 55	28,2	
	"	"		0,2	3	+ 195	32,0	

XI. Wirkung des Sapotoxins auf Würmer.

Wenn der in den vorstehenden Kapiteln durchgeführte Gedanke, dass die Saponinsubstanzen Protoplasmagifte sind, richtig ist, so müssen diese Substanzen auch auf niedere Thiere, soweit dieselben nicht durch eine undurchdringliche Haut vor Giften sich schützen können, deletär einwirken. Ich hatte nicht Zeit und Gelegenheit, diesen Gedanken weiter durchzuführen, will aber doch wenigstens einen hierher gehörigen Versuch mittheilen.

Versuch 80. Es werden die bei der Section einer eben getödteten Katze im Darmrohr gefundenen Ascariden (Asc. lumbricoides) und Tänien (Taenia cucumerina) je in zwei Theile getheilt und eine Portion beider Würmer in Gläser mit reiner physiologischer Kochsalzlösung, die andere Portion aber in Gläser mit 5%iger levantischer Sapotoxinlösung gethan und bei Körpertemperatur gehalten.

Nach 2 Stunden waren die Ascariden im Gift noch ganz normal, während die Tänien sich kaum noch bewegten und zusammengeschrumpft lagen.

Nach 6 Stunden alle Ascariden im Gift normal; alle Tänien im Gift aber todt.

Nach 20 Stunden lebten die Ascariden auch noch.

In der physiologischen Kochsalzlösung lebten zu dieser Zeit auch noch die Tänien.

Dieser Versuch zeigt, dass die durch keine Chitinhülle geschützten Tänien der Vergiftung durch das levantische Sapotoxin schnell erliegen, während die Ascariden davon unbeeinflusst bleiben. Vermuthlich wird das Körperprotoplasma der Tänien von dem als Protoplasmagift wirkenden Sapotoxin coagulirt oder sonstwie verändert.

In ähnlicher Weise werden wohl alle Saponinsubstanzen wirken, soweit sie nicht entgiftet sind.

Als die vorliegende Arbeit bis zum Schluss bereits gedruckt war, erschien eine Mittheilung von O. Hesse[1]), in welcher theoretische Erörterungen über die Saponinformel aufgestellt werden. Ich konnte dieselbe natürlich nicht mehr berücksichtigen, möchte aber hier wenigstens hervorheben, dass der Autor der genannten Mittheilung, obwohl er dicht bei Stuttgart wohnt, die in Stuttgart erscheinenden Arbeiten unseres Institutes nicht zu kennen scheint, denn sonst würde er sich über Quillajasäure, Sapotoxin und Senegin wohl etwas anders äussern, als er es gethan hat. Dass er meine neun Monate vor seiner Mittheilung publicirte Dissertation übersehen hat, ist ein neuer Beweis für die Nothwendigkeit des Erscheinens unserer Dorpater Arbeiten im Buchhandel.

Alle Schlüsse aus vorstehender Arbeit spare ich mir auf bis zum Schluss der nachstehenden, auf ein verwandtes Thema bezüglichen.

---

[1]) Ueber Saponin. Annalen der Chemie Bd. **261**, 1891, p. 371.

II.

Ueber Agrostemma Githago L.

Von

Nicolai Kruskal aus Kowno.

A. Historischer Theil.

I. Beschreibung der Pflanze.

Die Kornrade, Agrostemma Githago L., gehört zur Familie der Caryophylleae, Unterfamilie Sileneae, und wird meist mit den Lychnis-Arten zu einem Tribus verschmolzen. Die Pflanze gehört zu den verbreitetsten und characteristischsten unserer Getreideunkräuter; namentlich in den untern Donauländern gedeiht sie in schlechten Getreidejahren in grosser Menge zwischen der Saat. Die Pflanze ist einjährig; die spindelförmig dünne, verhältnissmässig kleine Wurzel treibt einen steifen aufrechten, 50—100 cm hohen, schlanken, einfachen oder meist nach oben in einige Aeste getheilten Stengel mit angeschwollenen Gelenken, der wie die ganze Pflanze durch angedrückte lange Haare überall grau oder fast weisslich erscheint. Die Blätter sind 4—12 cm lang, ½—1 cm breit, lanzett-linealisch, spitz, ganzrandig, am Grunde kurz scheidenartig, dreinervig verwachsen. Die Blüthen stehen einzeln in den Winkeln der Blätter; sie sind endständig, langgestielt, aufrecht, gross, blass violettroth, mit drei dunklen Adern; selten sind sie weisslich. Der Kelch ist 4—6 cm lang, fest, lederartig; die Röhre der Blumenkrone ist eiförmig, zehnkantig; die Zipfel sind länger als die Röhre, ungleich-linealisch zugespitzt. Die Zahl der Blumenblätter beträgt 5; sie sind verkehrt eiförmig. Von den 10 Staubfäden sind 5 mit den Blumenblättern verwachsen. Die Frucht ist eine einfächerige Kapsel, welche an der Spitze mit 5 den Fruchtblättern entsprechenden Zähnen aufspringt und etwa 30 schwarze, nierenförmige, höckerige Samen enthält.

Letztere sind es, die uns hier interessiren. Die Samen enthalten, wie im chemischen Theile noch ausführlich dargethan werden soll, eine Saponinsubstanz, und zwar befindet sich dieselbe nach den

Untersuchungen von Radlkofer[1]) nur im Embryo, während Samenschale und Mehlkörper (Sameneiweiss) davon frei sind. Dieser für die Verwendung der Kornradesamen als Nahrungsmittel sehr wichtige Umstand, den ich bestätigen kann, wird unten nochmals erwähnt werden.

II. Namen der Pflanze.

Ich werde zunächst die lateinischen Benennungen der Pflanze, die bei den verschiedenen Schriftstellern vorkommen, aufführen, dann die Benennungen der Kornrade in mehreren modernen Sprachen und zum Schluss die deutschen volksthümlichen Benennungen alphabetisch folgen lassen.

a) Aeltere botanische Bezeichnungen[2]).

1. Agrostemma Githago (von agros = der Acker und stemma = Kranz, Krone) — Linné.
2. Anthemon — Dodonaeus.
3. Caryophyllus arvensis.
4. Cuminum silvestre — Frank v. Frankenau.
5. Githago rosae marianae — Tragus.
6. Githago segetum — Desfontaines.
7. Git, Gitter.
8. Lichnis[3]) segetum major — Bauhin.
9. Lolium — Fuchs.
10. Lychnis[3]) agrostemma — Pillwax und Miller.
11. Lychnis alia inter triticum — Caesalpinus.
12. Lychnis githago — Scopoli und La Mark.
13. Lychnis arvensis — Tabernaemontanus.
14. Lychnis silvestris — Wirsung.
15. Melanthium agreste — Frank v. Frankenau.
16. Micanculus — Ruellius.
17. Nigella arvensis cornuta — } Frank v. Frankenau.
18. „ „ silvestris — } Frank v. Frankenau.
19. „ vulgaris — Laguna.
20. Nigellastrum — Dodonaeus, Simon Paullus etc.
21. Pseudomelanthium — Matthiolus, Lonicerus, Laguna, Pona, Lobelius, Dodonaeus, Thalius, Gerardus Anglus, Castor Durante.

---

[1]) Schriftliche Mittheilung von Prof. Radlkofer an Prof. Kobert vom 25. November 1885.

[2]) Viele Namen sind entlehnt von: Casp. Bauhini, pinax theatri botanici. Basileae 1671, p. 204.

[3]) Einige Schriftsteller schreiben „Lychnis“, andere „Lichnis“, und bei noch andern findet sich das eine und das andere.

b) Benennungen der Kornrade in mehreren modernen Sprachen.

Französisch: yvraie, ivraie, nielle, nielle des champs, couronne des blés, nielle bastarde, nielle fausse, nielle des blés, noyelle, gerzeau, coquel-ourde.
Englisch: corn cockle lychnis, corn campion, cockle weed, cornrose campanion, corn-bottle.
Italienisch: gettajone, gettone.
Neugriechisch: γόγγολι, κόκκολι.
Russisch: куколь, кукіль.
Polnisch: kakol, czarnucha, czarnucha źytna.
Lettisch: kohkali.
Estnisch: Eiakad, Eilakad, robo heínad, ruki roosid, kulistid, kulitsad.

c) Die deutschen Volksbenennungen, zum Theil nach Pritzel und Jessen [1]).

1. Schwarzer Ackerkümmel — Toxites.
2. Bauernkümmel.
3. Buoll: Westphalen.
4. Chornbluama: St. Gallen.
5. Zottiger Feldkümmel — Winkler.
6. Fiella: mittelhochdeutsch.
7. Gerstenradel — Chytraeus.
8. Gid: mittelalterlich.
9. Grossraden — Tragus.
10. Kaurath: Pommern.
11. Klint — Simon Paullus.
12. Klockenblom: Bremen.
13. Kornblume: Eifel.
14. Rothe Kornblumen — Megenberg.
15. Kornlichtnägeli: Schweiz.
16. Kornlichtnelke — Kosteletzky.
17. Kornnägelblume — Frank v. Frankenau.
18. Kornnägelein: Memmingen.
19. Kornnägelen — Matthiolus.
20. Kornnäglin — Fuchs.
21. Kornnageli: Schweiz.
22. Kornnelke — Pillwax und Miller.
23. Kornraden: Schlesien.
24. Kornröschen — Rosenthal.
25. Kornrösle: Schweiz.
26. Kornrose: Schlesien.
27. Kornross — Tragus.
28. Kuckel: Niederlausitz.
29. Marienrosen — Schkuhr.
30. Wildes Marienrosslein — Wirsung.

---

[1]) Pritzel und Jessen, Die deutschen Volksnamen der Pflanzen. Hannover 1882, p. 224.

31. Nagleinrose — } Francus.
32. Nichel — } Francus.
33. Râad: Schleswig-Holstein.
34. Radd: Eifel.
35. Rade: Holstein, Tirol.
36. Radel: Pommern, Bremen, Ditmarschen.
37. Radeln: Siebenbürgen.
38. Raden: Oesterreich — Tragus, Fuchs, Cordus.
39. Radten — Fuchs.
40. Raen: Unterweser.
41. Rahd: Mecklenburg.
42. Rahl: Braunschweig, Westphalen, Fallersleben.
43. Rale: Göttingen.
44. Ralenblume: Göttingen.
45. Rau: Osnabrück.
46. Raodl: } Altmark.
47. Raol: } Altmark.
48. Raolken: } Altmark.
49. Rapp: Werfen.
50. Rat: Eifel, Elsass.
51. Rate: Schlesien.
52. Raten — Wirsung.
53. Ratten: Elsass — Friese, Brunfels, Fuchs, Wirsung.
54. Rattenblumen — Brunfels.
55. Rattenrahl: Ditmarschen.
56. Rod: Schässburg.
57. Roel: Bremen.
58. Roggennägeli.
59. Roha: mittelhochdeutsch.
60. Rothmütze: Bremen.
61. Rottl: Pongau.
62. Satraden — Toxites.
63. Schneller — Pinicianus.
64. Schwarzcoriander — Appolinaris.

Auf einzelne historisch interessante Bezeichnungen werde ich noch später einzugehen haben.

III. Historisches über die Verwendung der Kornrade, namentlich als Heilmittel.

Es ist noch eine offene Frage, ob die alten Griechen das uns interessirende Agrostemma Githago L. gekannt haben. Sprengel in seiner Historia rei herbariae tritt nicht dafür ein. Wollen wir uns dagegen nach den Schriftstellern des XVI. und XVII. Jahrhunderts richten, die wenigstens zum Teil im μελάνθιον der Alten unsere Pflanze zu erkennen glaubten und sie demgemäss als Melanthium, auch wohl Pseudomelanthium bezeichneten, so war diese Pflanze schon vor

Hippokrates und den andern griechischen medicinischen Schriftstellern bekannt und wurde in der Medicin angewandt. Die gewöhnliche Deutung für das hippokratische μελάνθιον ist Nigella sativa, der Schwarzkümmel, das git, gith oder gitter der alten Lateiner (Celsus, Columella, Plinius).

R. v. Grot[1]), der sich eingehend mit der Deutung dieses Namens beschäftigt hat, ist dagegen aufgetreten, auch die zweite Art des Melanthiums, das sogen. Pseudomelanthium, als Schwarzkümmel zu deuten, worin ich ihm völlig beistimme; wenn aber Grot unter der letztgenannten Pflanze das Mutterkorn verstanden wissen will, so glaube ich ihm widersprechen zu können. Er führt nämlich zur Stütze seiner Ansicht mehrere gleich zu besprechende Beweise an, die meiner Ansicht nach durchaus nicht stichhaltig sind; vielmehr könnten dieselben zur Bestätigung meiner Vermuthung, dass das eine μελάνθιον oder ψευδομελάνθιον der Alten das jetzige Agrostemma Githago ist, dienen.

Der bei Hippokrates drei Mal vorkommende Zusatz zu Melanthion τὸ ἐκ τῶν πυρῶν ἐκλέξας passt, wie Grot richtig ausführt, jedenfalls nicht für Nigella, wohl aber für Agrostemma, wo ein Auslesen der reifen, schwarzen Fruchtkapseln und schwarzen Samen noch heute in mehreren Ländern Europas gerade wie beim Mutterkorn stattfindet. Zu derselben Zeit nämlich, wann das Getreide auf dem Felde geschnitten wird, sind auch die Fruchtkapseln der Kornrade reif und vermischen sich leicht mit dem Getreide, so dass die Bezeichnung ἐκλέξας, „Auslesen", durchaus zutreffend ist.

Die Bezeichnung μελάνθιον (von μέλας = schwarz und ἄνθος = Blume, Blüthe) für eine violett blühende, aber in der Reife schwarze Fruchtkapseln und schwarze Samen tragende Pflanze, wie Kornrade es ist, ist bei der damaligen botanischen Unkenntniss wohl verzeihlich und durchaus nicht als falsch zu betrachten. Das von Stephanus[2]) angeführte Synonymum μελάνθιος πόα könnte für Kornrade besser (? Kobert) als für Mutterkorn angewandt werden.

Wie aus dem pharmakologischen und toxikologischen Theile dieser Arbeit ersichtlich sein wird, ist Kornrade recht giftig, so dass die Angabe von Dioscorides (III. 83), dass grosse Dosen der in Rede stehenden Pflanze der Alten den Tod verursachen können, sehr gut auch auf Agrostemma bezogen werden dürfte.

Die Anwendung des Melanthion, um Abort zu erregen, würde zwar besser auf Mutterkorn als auf Kornrade passen, es widerspricht aber nicht der Annahme, dass Kornrade nicht zu diesem Zwecke zu jener Zeit, wo man mit der Anwendung der Medicamente nicht sehr wählerisch war, gebraucht wurde. Die Kornrade wurde nicht nur zu jener Zeit, sondern selbst noch bis ins XVIII. Jahrhundert zu ähnlichen Zwecken und gegen verschiedene hierher gehörige Krankheiten, die weiter unten noch besprochen werden sollen, wiederholt angewandt.

Im Ganzen kommt nach Grot das Melanthion, resp. Pseudomelanthium in den hippokratischen Schriften 21 Mal vor, und zwar an folgenden Stellen: De morbis mulierum I (Erm. II, p. 605) im

---

[1]) Historische Studien aus dem pharmakol. Institut zu Dorpat, herausg. v. Kobert. Halle 1889, Bd. **1**, p. 124.

[2]) Thesaurus linguae graecae, edidit Hase. Paris 1831, Tom. **5**.

Pessar als Emmenagogum; p. 607 als reinigendes Pessar; p. 608 im Pessar, um Conception zu befördern; p. 620 mit unklarer Wirkung; p. 623 als Abtreibungsmittel; p. 627 als Zusatz zur Uterusirrigation bei Endometritis puerperalis; p. 631 innerlich und im Pessar, um Galle aus dem Uterus zu entleeren. — De mulieribus sterilibus (Erm. II, p. 666) zur Uterusausspülung bei Sterilität; p. 675 im Pessar gegen Sterilität; das Mittel soll sehr schwarz sein, Fieber und Anschwellung der Schamtheile erzeugen; p. 677 innerlich, um Conception herbeizuführen. — De morbis mulierum II (Erm. II, p. 773) innerlich gegen rothen Ausfluss; p. 782 im Pessar gegen hysterische Stickanfälle; p. 792 mit vielen andern Mitteln zur Ausspülung des Uterus, wenn sich nach Anwendung von Pessarien Schmerzen eingestellt haben; p. 793 mit derselben Indication. — De natura muliebri (Erm. II, p. 853) innerlich als Uterusmittel; p. 885 innerlich gegen Kopf-, Leib- und Lendenschmerzen; p. 888 im Pessar.

Wie wir sehen werden, fand die Kornrade noch in der Neuzeit gegen dieselbe und ähnliche Krankheiten Anwendung.

Es sei noch erwähnt, dass der Zusatz des Auslesens ἐκ τῶν πυρῶν, welcher nach Grot nur gut auf das Mutterkorn passen soll, bei den Hippokratikern auch noch bei zwei andern Pflanzen vorkommt, und zwar beim Taumellolch, wo ein Auslesen aus dem Getreide, ebenso wie bei der Kornrade, noch jetzt stattfindet, und bei einer andern Pflanze, deren Deutung unklar ist.

Ob meine Auslegung für Melanthion, resp. Pseudomelanthion zutreffender als die von Grot ist, will ich der Beurtheilung weiterer Forscher überlassen, und will nur noch hinzufügen, dass auch die bei Dioscorides[1]) vorkommende λυχνὶς ἀγρία von einigen neuen Schriftstellern[2]) mit der Kornrade identificirt wird, eine Annahme, welcher allerdings gewisse Bedenken von Fraas[3]) gegenüberstehen, der diese Pflanze eher für Melampyrum (Wachtelweizen) erklären möchte.

Plinius[4]) schreibt über die Anwendung und Wirkung des Melanthion Folgendes, was sich theilweise recht gut auf Kornrade beziehen lässt: „der Melanthionsaft wird ebenso wie der des Bilsenkrauts gesammelt, und ebenso ist er in grösserer Menge ein Gift, was um so mehr auffallen muss, da der Same dem Brode eine angenehme Würze ertheilt. Er reinigt auch die Augen, befördert das Harnen und den Monatsfluss, ja 30 Körner in ein Läppchen gebunden, sollen sogar die Nachgeburt abtreiben.“ Dass die Kornrade in grosser Menge giftig ist, habe ich schon erwähnt; trotzdem wird sie aber auch noch jetzt in vielen Gegenden Deutschlands und vielleicht auch anderer Länder zum Mehle zugesetzt und zu Brod verbacken. Nach Germershausen[5]) soll das Brod mehrerer Dörfer der Provinz Sachsen im

---

[1]) Dioscorides, De materia med. lib. III, cap. 105 (1 Theil p. 450 der Ausgabe von Sprengel).

[2]) Kosteletzky, Allgemeine medicinisch-pharmaceutische Flora, Bd. 5, 1836, p. 1924. — Winkler, Vollständiges Real-Lexicon der medicinisch-pharmaceutischen Naturgeschichte (Leipzig 1840), Bd. 1, p. 938.

[3]) Fraas, Synopsis plantarum florae classicae (München 1845), p. 105.

[4]) Die Naturgeschichte des Cajus Plinius Secundus, übersetzt von Wittstein (Leipzig 1881), Bd. 4, p. 48.

[5]) Wittenberger Wochenblatt, Jahrg. 5, p. 110. Citirt nach Böhmer, Technische Geschichte der Pflanzen (Leipzig 1794), Bd. 1, p. 267.

vorigen Jahrhundert zeitweise bis zum vierten Theile aus Kornradesamenmehl bestanden haben und doch ohne Nachtheil (?) verzehrt worden sein. Die „angenehme Würze“ wird vielleicht auf den etwas bitterlichen Geschmack des kornradehaltigen Brodes zu beziehen sein. Die Anwendung der Kornrade bei Augenkrankheiten, als harntreibendes Mittel und als Mittel zum Befördern des Monatsflusses kommt noch bei fast allen Schriftstellern des XVI. und XVII. Jahrhunderts vor.

Bei Galen findet Melanthion 5 Mal Erwähnung, ohne dass jedoch dieser sonst so wortreiche Autor mehr als uns bereits darüber bekannt ist, hinzufügt. Grund genug, anzunehmen, dass schon ihm die Deutung der Pflanze Schwierigkeiten bereitete.

Melanthion findet noch bei mehreren älteren Schriftstellern Erwähnung; da sie aber nichts wesentlich Neues darüber aussagen, so kann ich dieselben hier übergehen.

Dass die Kornrade zuweilen auch mit Wachtelweizen verwechselt worden ist, kann nach Angabe von Geiger[1]) keinem Zweifel unterliegen, und es dürfte daher das Melampyron des Theophrast vielleicht zum Theil auf Kornrade zu beziehen sein. Theophrast unterscheidet eine sicilische (VIII. 4, 6) und eine pontische (VIII. 8, 3) Art. Die übliche Deutung des Melampyron auf Melampyron arvense ist, wie schon Sprengel[2]) bemerkt, unrichtig; denn μελάμπυρον bedeutet schwarzes Korn, aber die Samen des Wachtelweizens sind nicht schwarz; viel besser liesse es sich jedenfalls auf die schwarze Fruchtkapsel und die schwarzen Samen der Kornrade beziehen.

Einige Autoren früherer Jahrhunderte haben auch den Ausdruck ἄνθεμος φυλλῶδες des Theophrast auf Kornrade beziehen wollen, doch liegt dazu kein Grund vor.

Ich möchte nun noch über den Gebrauch und die Wirkung der Lychnis agria, die, wie ich früher erwähnte, von einigen Schriftstellern mit Agrostemma Githago identificirt wird, Einiges anführen. Für λυχνὶς ἀγρία finden sich bei Dioscorides[3]) noch folgende Bezeichnungen: tetragonoton, atokion, ἱερακοπόδιον = pes accipitris, lampas, ἀποκαθημένης ταῦρος = genitale mulieris menstrualis, lapathi cafaguina und steridos. Die Aegypter nennen sie σεμοῦρα, die Römer intybus agrestis. In einer Menge von 2 Drachmen führt der Same die Galle durch den Darm ab; auch bei Scorpionstichen nützt er. Einige behaupten sogar, schreibt Dioscorides weiter, dass die Scorpione bei Annäherung dieser Pflanze in Erstarrung gerathen.

Plinius[4]), bei dem sich neben Lychnis agria auch die Bezeichnungen Antirrhinum und Anarrhinum finden, giebt im Grossen und Ganzen die Angaben von Dioscorides wieder, fügt aber noch hinzu, dass nach Angabe der Magier man hübscher wird, wenn man sich mit unserem Mittel einreibt, und trage man es am Arme, so hätten weder schlechte Arzneien noch Gifte eine nachtheilige Wirkung. Die Wurzel[5]),

---

[1]) Geiger, Pharmaceutische Botanik (Heidelberg 1840), p. 1784.

[2]) Naturgeschichte des Theophrast, mit Erläuterungen herausgegeben von Sprengel (Altona 1822), Bd. 2, p. 309.

[3]) Dioscorides l. c. liber III, cap. 105; Ausgabe von Sprengel Bd. 1, p. 450.

[4]) l. c. Bd. 4, Buch 25, Abschnitt 80, p. 223.

[5]) ibid. Buch 21, Abschnitt 98, p. 123.

welche von den Asianern Bolites genannt werde, solle, auf die Augen gebunden, die weissen Flecken vertreiben.

Von den Arabern erwähnt Ibn Baithar[1]) unser Mittel; er spricht von einer Lychnis eliklibet, von einer glänzenden Lychnis und von einer wilden; letztere soll die bereits von Plinius erwähnten Wirkungen besitzen.

Nach Sprengel findet die Kornrade unter dem Namen κοκαλὶς τοῦ σίτου bei einem mittelalterlichen griechischen Schriftsteller, bei Nikolaus aus Alexandrien, bekannt unter dem Namen Myrepsicus (4, 2) Erwähnung[2]); Langkavel tritt dieser Deutung aber nicht bei.

Ueber die Anwendung der Kornrade im Mittelalter in Deutschland finden sich in der mir zugängigen Litteratur keine Angaben, wofern man nicht etwa die Angabe der heiligen Hildegard „herba, quae gith dicitur, valde calida est“ darauf beziehen darf. Jedenfalls wird die Pflanze in diesem Zeitabschnitt in ganz Europa Verwendung gefunden haben; wenigstens lässt die allgemeine Anwendung der Pflanze in der neueren Zeit darauf schliessen.

Eine ganz unglaubliche Verbreitung fand nämlich die Kornrade im XVI. und XVII. Jahrhundert. Sie wurde namentlich gegen Geschwüre, Fisteln und Hämorrhagien angewandt. Sennert[3]), der die Pflanze theils Melanthium, theils Pseudomelanthium nennt, wurde wie ein Zauberer betrachtet, weil er in Dänemark von den obengenannten Krankheiten wie durch ein Wunder mittelst der Kornrade Patienten zu heilen verstand. Die beste Art, ihrer sich zu bedienen, besteht nach Sennert darin, dass man ein Stück der frischen Pflanze unter die Zunge legt. Simon Paullus[4]) ist ebenfalls eifrigster Anhänger der Kornradentherapie und meint, wenn irgend eine Pflanze gegen Hämorrhagien helfen kann, so ist es nur Kornrade. Bei einer Krankheit, die in Dänemark epidemisch auftrat, hatte er nur durch diese Pflanze die Krankheit, die in starkem Fieber und heftigem Nasebluten bestand, bekämpfen können. Er rühmt sich, dadurch das grösste Ansehen der Einwohner erworben zu haben. Zur Bezeichnung unseres Mittels wendet er neben Melanthium und Pseudomelanthium auch die Bezeichnung Nigellastrum an. Ueberhaupt sind neben vielen andern Benennungen diese drei bei allen späteren Schriftstellern besonders vertreten.

Adam Lonicer[5]) wendete die Kornradesamen gegen 13 Krankheiten an nach folgenden Recepten:

„Das Mehl von Raden gemischt mit Wermutsafft | darauss gemacht ein Pflaster tödtet die Würm im Bauch | sonderlich den Kindern. Auch ist diss obgeschrieben stück fast gut mit Honig

---

[1]) Grosse Zusammensetzung über die Kräfte der bekannten einfachen Heil- und Nahrungsmittel von Abu Mahomed Abdalah ben Ahmed aus Malaga, genannt Ibn Baithar, übersetzt von Sontheimer (Stuttgart 1842), Bd. 2, p. 435.

[2]) Sprengel, Geschichte der Botanik 1817, Bd. 1, p. 194.

[3]) Sennert, Praxeos lib. I, part. 3, sect. 4, cap. 8, p. 976. An dieser Stelle beschreibt sie Sennert unter dem Namen Melanthium. Liber V, part. 4, cap. 14, p. 464 desselben Werkes belegt er sie mit der Bezeichnung Pseudomelanthium.

[4]) Simonis Paulli Quadripartitum Botanicum. Argentorati 1667, p. 94.

[5]) Adam Lonicer, Kreuterbuch. Franckfort am Mayn 1582, p. 113 (mit Abbildung).

gemischt | vnd den reudigen Menschen eingeben | es hilfft. Benimpt auch die Flecken vnder Augen.

Das Mehl von Raden gemischt mit Essig | vnd das gelassen in die Ohren | tödtet die Würm darinn. Raden gethan in ein Glass | darüber Wein gesotten | den getrunken | ist gut denen | so mit not netzen. Also genützt | benimpts auch die Lendensucht. Man soll auch ein quintlin Rade in Leib nemmen | vnd nicht darüber. Raden in ein Tüchlin gethan | für die Nase gehalten | benimpt den Schnupffen vnd fluss dess Haupts.

Nimm Schwertelwurzel | stoss sie zu Pulver | misch darunder Mehl von Raden | vnd nütze es mit Essig | diss ist gut den aussätzigen Menschen.

Raden mit Essig gesotten | in Mund gehalten | benimpts Zahnweh.

Raden ist den saugenden Frauwen nicht gut | denn sie verschwenden die Milch. Die böse vnd verstopffte Feuchtigkeit | so der Mensch in im hat | verdåuwen die Raden. Welchen ein gifftig Thier gestochen hatte | der nemm ein quintlin Raden | vnd trincks mit Wein. Ein Rauch im Hauss gemacht von Raden | macht alle vergifftig Thier fliehen. Raden ein quintlin zu Mehl gestossen | darunter gemischt Eppichsamen treibt das Kalk auss so lange Zeit gewåret hat | vñ sonderlich dz viertågig (Feber Quartun).

Pulver von Raden ein gut theil mit Essig gesotten | also dass es fast dick werde | darnach thue Nůssől darzu | mach darauss ein Salb. Diese Salb ist gut für die bőse Råud | benimpt auch die bősen grindigen Flecken im Angesicht | darüber geschmieret | so man schlaffen wil gehen. Raden můssiglich genůtzt | seind gut denen | so den Stein haben. Radenkraut Wasser ist gut die Glieder damit gerieben Morgens vnd abendts. Ist fast gut für den nagel in Augen | wie sorglich er ist | so mans darein thut am Abendt ein stundt vor Nacht | drey oder vier Wochen nach einander. Radenwasser ist bewert zu den Fisteln | damit morgens vnd Abends gewaschen | Tücher darinn genetzt | vnd vbergelegt."

Gegen viele Leiden wendet Apollinaris[1]) die Kornradesamen an. Auf Seite 168 spricht er:

„Raden oder Schwartz Coriander in wein gesotten vnd getrunken | ist gut denen | so mit not harnen | benimpt Lendensucht. In måssigkeit genůtzt | seind gut denen | die den Stein haben | etc."

Wirsung[2]) wendet die Kornradesamen in Salbenform gegen Schmerz der Teigblätter an und giebt zur Bereitung der Salbe folgendes Recept:

„Nimb das Mittel von | so im Korn wächst | machs mit dem Hermlenkőrneről zu einem weychen Sålbin | vnd brauchs."

Gegen ähnliche Krankheiten und Gebrechen verordnet L. Fuchs[3]) die Kornrade:

---

[1]) Apollinaris, Kurtz Handbüchlin vnd experiment viler Artzneyen etc. Nürnberg 1551, p. 188.

[2]) Wirsung, Ein Newes Artzney-Buch. In acht auserlesene Bücher abgetheilt. Franckfort am Mayn 1619, Cap. 10, Abschnitt 337 B.

[3]) Leonh. Fuchs, New Kreuterbuch. Basell 1543, Cap. 43 (mit Abbildung).

„Mit schwebel | wein vnd essig angestrichen | heylet allerley räuden | grind | vnd böse faule geschwer. Radtenmehl mit Taubenkot vñ Leinsamen in wein gesotten | vnd übergeschlagen | vertreibt vnd verzert die Kröpff. Mit honigwasser gekocht vñ übergelegt | ist es treffentlich gut zu dem hüfftwee. Mit Honig vnd essig vermengt| vnnd übergelegt | lindert es allerley schmertzen | in sonderheit aber ist es gut zu dem podagra. Mit Rettich | saltz vnd essig angestrichen | heylet es die geflecht. Mit genss schmaltz vermengt vnnd an die stirn gestrichen | oder übergelegt | benimpt es das Hauptwee. Diss Kraut ist wunderbarlich im blut stellen | heylet auch wunden und fistel | darumb es die wundärtzt in hohen eeren halten sollen."

Auch Hieronymus Bock (Tragus)[1]) empfiehlt die Kornradesamen als Umschläge oder Wannen gegen Geschwüre und Fisteln.

Recepte zu den verschiedensten äusserlichen und innerlichen Krankheiten, namentlich gegen Zahn-, Kopf- und Lendenschmerzen geben auch Matthiolus[2]), Hieronymus Braunschweig[3]), Brunfels[4]) und andere Schriftsteller.

Das Ende des XVIII. und das XIX. Jahrhundert scheinen die Kornrade vollständig aus dem Arzneischatz gestrichen zu haben. Nach Angabe von Rosenthal[5]) war die Wurzel der Kornrade als radix githaginis seu nigellastri bei Hämorrhoiden, Blutflüssen, Hautausschlägen etc., die Samen als semen lolii officinarum oder nigellastri als diuretisches, auflösendes und wurmwidriges Mittel im Gebrauch. Die Pflanze wurde jedoch trotzdem in fast keine Pharmakopöe aufgenommen; wenigstens finde ich sie nur in der Pharmacopoea universalis[6]). Auch in pharmakognostischen und pharmakotherapeutischen Werken sucht man sie vergeblich, woraus wohl zu schliessen ist, dass die medicinische Anwendung keine ausgebreitete war und vielleicht nur noch als Volksmedicin im Gebrauche war. So schreibt z. B. H. Schulze[7]), dass die Landbewohner einer Gegend in Deutschland die gepulverten Samen zum Schnupfen bei Schwerhörigkeit anwenden.

Geiger[8]) meint, dass die Benutzung der Kornrade als Arzneimittel nur dadurch herbeigeführt worden sei, dass die Pflanze fälschlich entweder für das Melanthion der alten griechischen oder auch für das Lolium der alten römischen Aerzte gehalten wurde, und dass, nachdem man sich von diesem Irrthum überzeugt habe, die Pflanze aus dem Arzneischatz wieder gestrichen worden sei.

Ausser in der Medicin fanden die Samen der Kornrade in der Landwirthschaft und Technik noch Verwendung. Mit Wasser an-

---

[1]) Hieronymus Tragus, De stirpium, maxime earum, quae in Germania nostra nascuntur, usitatis nomenclaturis etc. Argentinae 1552. p. 132 (mit Abbildung).

[2]) Matthiolus senensis, De plantis epitome utilissima. Francoforti ad Moenam 1586. p. 554; in der deutschen Ausgabe, herausg. von Joachim Camerarius, p. 276 D.

[3]) Hieronymus Braunschweig, Destillirbuch, herausgegeb. von Christ. Egenolf. Frankfurt 1533, fol. 100 b.

[4]) Brunfels, Herbarum vivae icones. Argentorati 1532, Bd. 1. p. 241.

[5]) Rosenthal, Synopsis plantarum diaphoricarum. Erlangen 1862. p. 701.

[6]) Pharmacopoea universalis von Geiger u. Mohr. Heidelberg 1845.

[7]) H. Schulze, Archiv für Pharmacie, zweite Reihe, Bd. 55. p. 298.

[8]) Geiger, Pharmaceutische Botanik 1840. p. 1784.

gerührt, wurden die Samen zum Waschen der weissen wollenen Stoffe angewandt. Zur Fabrikation von Branntwein fanden die Samen ihres reichen Stärkegehalts wegen und aus diesem Grunde, weil sie dem Branntwein „mehr Feuer" verleihen, Anwendung. Nach Scharling[1]) wird durch die Samen, wenn sie dem Korn in bedeutender Menge beigemengt werden, eine lebhaftere Gährung hervorgerufen, und daher die Ausbeute an Branntwein eine grössere. Viborg[2]) schreibt, „dass die Branntweinbrenner solchen Roggen vorzugsweise aussuchen, welcher beträchtliche Mengen von Raden enthält, weil er einen stärkeren, das ist berauschenderen Branntwein giebt."

Ob es das Agrostemma-Sapotoxin ist, wodurch der Alkohol stärker wird, ist wohl zweifelhaft, da dasselbe bei der Destillation in dem schwersiedenden Antheile des Alkohols bleiben muss.

Obwohl die Samen recht giftig sind, so wurden sie gemischt mit Roggenmehl zum Backen von Brod benutzt und auch dem Viehfutter beigemengt. Dass dadurch oft Vergiftungen vorkamen, braucht wohl nicht erwähnt werden.

Die neuere Technik der Getreidereinigung hat in den Radenfängern, „Trieurs", Apparate construirt, die mit absoluter Sicherheit alle Unkrautsamen, namentlich Raden, aus dem Getreide zu entfernen gestatten. Das durch die Trieurs gewonnene Product heisst in Deutschland „Trieurkugeln", in Oesterreich „Ausreuter" und besteht hauptsächlich aus Radesamen.

Da die Radesamen eine Menge werthvoller Stoffe enthalten (Eiweiss, Fett, Stärke und Zucker) und ausserdem sehr billig sind, so laden sie zur häufigen Verwendung ein, was aber durch die Gesundheitsschädlichkeit der darin enthaltenen Saponinsubstanz verhindert wird. Lehmann und Mori[3]) gelang es nun durch Rösten des Mehles, ohne jeden Zusatz, nach der Methode, wie man gewöhnliches Mehl röstet, die Samen vollkommen ungiftig zu machen. Es steht den Samen daher jetzt, wenn man sie in gerösteter Form in der Landwirthschaft als Futter für Vieh und auch zu Mehl gemahlen zum Roggenmehl zusetzt, eine grosse Zukunft bevor (vergl. auch S. 147). Gerade deshalb dürfte vorliegende Studie als eine zeitgemässe bezeichnet werden können.

Zum Schluss will ich noch hinzufügen, dass nach R. v. Perger[4]) die Kornradepflanze auch in der deutschen Sage eine wenn auch nur kleine Rolle spielt. Die Pflanze wird an einigen Orten Deutschlands von den Burschen jenen Mädchen ins Haus geworfen, um welche sie freien wollen, und zwar zugleich mit der Welpenroth. Diese wird aus einem Weidenstab gemacht, an dem oben ein Kranz in Form eines Rades angebracht, und an dessen verlängerten Speichen Aepfel gebunden werden.

---

[1]) Scharling, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 74. 1850. p. 351.

[2]) E. Viborg, Sammlung von Abhandlungen für Thierärzte und Oekonomen. Bd. 3. 1802. p. 162.

[3]) Lehmann und Mori, Archiv für Hygiene. Bd. 9. 1889. p. 257.

[4]) R. v. Perger. Deutsche Pflanzensagen. Stuttgart und Oehringen 1864. p. 164.

B. Chemischer Theil.

I. Aeltere Analysen der Kornrade.

Der erste, welcher die Kornrade einer chemischen Analyse unterwarf, war Rüling[1]). Zweck seiner Untersuchung war nicht, eine wirksame Substanz in der Pflanze zu finden, sondern zu untersuchen, ob gewisse Unkräuter dem Boden wichtige Salze entziehen und dadurch einen nachtheiligen Einfluss auf die Ergiebigkeit der Felder ausüben. In den Kreis seiner Untersuchungen zog er auch die Kornrade und fand in der That, dass diese wie andere Unkräuter dem Boden sehr grosse Mengen der für das Gedeihen der Pflanzen unbedingt nöthigen Bestandtheile entziehen. Es wurde die ganze blühende Pflanze eingeäschert und die Asche analysirt. Die Kornrade hinterliess dabei 13,2 % Asche, bestehend aus:

Kali	22,865 %
Natron (? ?)	7,554 „
CaO	29,266 „
MgO	6,146 „
Phosphors. Eisen	1,800 „
Phosphorsäure	6,649 „
Schwefelsäure	2,387 „
Kohlensäure	18,600 „
Kieselsäure	2,389 „

Im Jahre 1848 untersuchte H. Schulze[2]) die Kornradesamen und stellte daraus einen wirksamen Körper dar, dem er den Namen Agrostemmin beilegte. Zur Isolirung dieses Körpers benutzte er folgendes Verfahren: Er erschöpfte die gepulverten Samen mit Alkohol von 40 °, welcher mit etwas Essigsäure angesäuert war. Von der auf diese Weise erhaltenen Tinctur wird der Weingeist abdestillirt, die Flüssigkeit auf dem Dampfbade concentrirt, mit einem Ueberschuss von gebrannter Magnesia gekocht, darauf nach einigen Stunden der Niederschlag abfiltrirt, getrocknet und mit Alkohol extrahirt. Nach dem Verdunsten des Alkohols bleibt das unreine Agrostemmin in Krystallen zurück. Um zu reinigen, wird der erhaltene Körper wieder in Wasser gelöst, mit Bleiessig versetzt, der erhaltene Niederschlag in Wasser suspendirt, durch H^2S das Blei herausgefällt und durch Filtration das PbS entfernt. Aus der abfiltrirten Flüssigkeit wurde durch Krystallisation ein reines Präparat erhalten.

Das auf diese Weise erhaltene Agrostemmin ist von gelblich weisser Farbe, krystallisirt in Blättchen, die bei wenig erhöhter Temperatur schmelzen. Es löst sich nach dem Grade seiner Reinheit mehr oder weniger schwer in Wasser, leicht in Alkohol und bläut rothes Lackmuspapier. Mit verdünnten Säuren vorsichtig neutralisirt, erhält man dann durch Krystallisation neutrale Salze. Durch Lösen von Agro-

---

[1]) Rüling, Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. **56**, 1845, p. 122.

[2]) H. Schulze, Ueber die Samen von Agrostemma Githago und das darin enthaltene Agrostemmin. Archiv der Pharmacie, zweite Reihe, Bd. **55**, 1848, p. 298 und Bd. **56**, p. 163.

stemmin in Alkohol und Fällen mit Platinchlorid oder Goldchlorid entstehen Doppelsalze. Durch Gerbsäure entsteht ein Niederschlag, der in heissem Wasser und Alkohol löslich ist. Das durch Neutralisation mit Schwefelsäure erhaltene schwefelsaure Salz ist krystallinisch und in heissem Wasser und Alkohol leicht löslich, ebenso verhält es sich mit dem phosphorsauren und arsensauren Agrostemmin. Wird Agrostemmin einer erhöhten Temperatur ausgesetzt, so schmilzt es und stösst saure Dämpfe aus; wird es mit Kalilauge gekocht, so zersetzt es sich unter Entwickelung von Ammoniak, die Flüssigkeit bekommt einen eigenthümlichen Geruch und entlässt, wenn sie mit Salzsäure bis zur sauren Reaction versetzt wird, eine weisse flockige Substanz. In concentrirter Schwefelsäure löst es sich mit purpurrother Farbe, welche nachher schwarz wird. Wird das Agrostemmin erst mit einigen Tropfen Salpetersäure, dann mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, so tritt die rothe Färbung nicht ein, sondern es entwickelt sich salpetrige Säure und aus der Lösung werden durch Ammoniak leichte Flocken einer neuen Base abgeschieden. Auf alle vorher beschriebenen Eigenschaften sich stützend, reiht Schulze das Agrostemmin in die Reihe der Alkaloide ein. Verbrennungsanalysen hat Schulze von seinem Agrostemmin nicht gemacht, ebenso wenig hat er die Eigenschaften der neu entstandenen Base beschrieben. Das Agrostemmin soll sich namentlich in den Samenschalen finden.

Durch die Arbeit von Schulze angeregt, veröffentlichte Scharling[1]) seine schon 17 Jahre vorher ausgeführten, damals aber nur als kurze vorläufige Mittheilung[2]) erschienenen Untersuchungen über die Kornradesamen. Scharling fand einen giftigen Stoff, dessen Identität mit dem Agrostemmin zweifelhaft ist, und den er zum Unterschiede von Agrostemmin mit dem Namen Githagin belegte. Zur Darstellung des Githagins benutzte Scharling folgende drei ziemlich complicirte Verfahren:

1. Die gemahlenen, mit Aether entölten Samen werden wiederholt mit 84° Tr. Alkohol ausgekocht und filtrirt. Die vereinigten Filtrate werden völlig eingetrocknet und heiss mit Alkohol von 92° Tr. behandelt; nach dem Erkalten scheidet sich unreines Githagin ab, von welchem durch Zusatz von absolutem Alkohol noch mehr gewonnen werden kann. Die wässrige Lösung dieses Körpers wird nun zunächst mit Bleiacetat, und die vom entstandenen Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit mit Bleiessig versetzt, wodurch eine Verbindung von Githagin mit PbO herausfällt. Diese Verbindung wird mit Wasser angerührt und mit H^2S zerlegt. Die wässrige Lösung wird so lange auf dem Dampfbade concentrirt, bis sich eine gallertartige Substanz abscheidet, diese wird abfiltrirt und das Filtrat vollkommen eingetrocknet oder die concentrirte Lösung mit starkem Alkohol gefällt, wobei reines Githagin sich ausschied.

2. Die gepulverten Samen werden mit Weingeist extrahirt, die erhaltenen Extracte in Wasser gelöst und mit gebrannter Magnesia

[1]) Ueber das Githagin; Oversigt over det Kongl. Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1849, Nr. 5—6 p. 96, referirt in Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. **74**, 1850, p. 351.

[2]) In der vorgenannten Zeitschrift unter dem 31. Mai 1831 und 31. Mai 1832.

gekocht. Die Flüssigkeit wird filtrirt, bis zum Sirup verdunstet und mit Alkohol ausgefällt. Der so erhaltene Stoff wird in siedendem Alkohol von 93° Tr. gelöst und die Lösung erkalten gelassen, wobei sich das Githagin abscheidet.

3. Der wässrige Auszug der gepulverten Samen wird mit $CuSO^4$ gefällt, der Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat durch H^2S vom Kupfer befreit und, um nach dem Abfiltriren des Schwefelkupfers die H^2SO^4 wegzuschaffen, mit einem Ueberschuss von $BaCO^3$ digerirt. Um die Barytsalze so vollständig als möglich abzuscheiden, wird die Flüssigkeit mit Alkohol versetzt und filtrirt. Aus dieser Flüssigkeit wird entweder, nachdem sie auf dem Dampfbade concentrirt worden ist, mit Alkohol das Githagin ausgefällt oder die Flüssigkeit wird zur Trockne verdunstet und der Rückstand mit Alkohol von 93° Tr. ausgekocht, wobei sich das Githagin beim Erkalten abschied.

Der nach einer der drei Methoden erhaltene Körper gleicht dem Gummi arabicum und ist amorph. Nur einmal gelang es Scharling, Krystalle zu erhalten, nämlich als er eine weingeistige Lösung des Githagins ein Jahr lang in einem Glase stehen liess, welches mit einem Trichter bedeckt war. An der Spitze des Trichters fanden sich nadelförmige Krystalle, geruchlos, unlöslich in absolutem Alkohol und Aether, leicht löslich in Wasser und verdünntem Alkohol. In heissem Alkohol von 93° Tr. löst es sich auf, beim Erkalten aber scheidet es sich wieder aus. Die Auflösung schäumt beim Schütteln, riecht widrig und schmeckt brennend. Im Auge erzeugt sie schmerzhafte Erweiterung der Pupille. Conc. H^2SO^4 färbt das Githagin roth, die Farbe geht vom Rande aus in Blaugrün über. HNO^3 macht aus dem Githagin Oxalsäure. Bei der trockenen Destillation giebt es Ammoniak. Die wässrige Lösung wird weder durch Platinchlorid, noch durch Quecksilberchlorid, noch durch Gerbsäure, wohl aber durch Bleiessig gefällt.

Verbrennungsanalysen hat Scharling wohl vorgenommen, da aber nach den drei Methoden dargestelltes Githagin verschiedene Zusammensetzung zeigte, nicht veröffentlicht. Abgesehen von der grossen Complicirtheit, haben die Darstellungsmethoden von Scharling noch den grossen Nachtheil, dass das erhaltene Githagin grosse Mengen von Asche enthält, und zwar vorherrschend von den Metallen, die bei der Darstellung benutzt wurden. Ausserdem ist die Ausbeute an Githagin eine sehr kleine, da ein grosser Theil desselben mit den Verunreinigungen niedergeschlagen wird.

Crawfurd[1]), der die Untersuchung von Schulze und Scharling wiederholte, suchte bei seiner Darstellungsmethode die Mängel der Methoden seines Vorgängers zu beseitigen und änderte das Verfahren daher dahin ab, dass er die gepulverten Samen mit warmem verdünntem Weingeist extrahirte, die Extracte bis zum Sirup verdunsten liess, mit Holzkohle mengte und nun völlig eintrocknen liess. Dem Rückstande wurde durch Auskochen mit Alkohol das Githagin entzogen. Dieses Verfahren hat vor dem von Scharling den Vorzug, dass das Githagin aschenfrei erhalten wird, während die Ausbeute naturgemäss

---

[1]) Pharmaceutische Vierteljahrsschrift, herausg. von Wittstein, Bd. 6, p. 361. Die Originalarbeit konnte ich in keiner Bibliothek Dorpats auffinden. Das Referat befindet sich in Chemisch. Centralbl. 1857, p. 604.

noch eine kleinere ist. Namentlich die Kohle hält so viel zurück, dass Crawfurd bloss 0,9 % Ausbeute an Githagin erhielt.

Die Verbrennungsanalyse ergab

$$C = 50{,}72\,\% \text{ und}$$
$$H = 7{,}44\,\%.$$

Die von Büssy[1]) geäusserte Meinung, dass das von ihm aus der levantischen Seifenwurzel dargestellte Saponin identisch mit dem Githagin von Scharling ist, bestätigt Crawfurd, bestreitet aber die Anwesenheit von Agrostemmin.

1867 unterwarf Natanson[2]) im Laboratorium von Prof. Trapp die Kornradesamen einer neuen Untersuchung. Er benutzte zur Darstellung des Githagins im Grossen und Ganzen die von Crawfurd eingeschlagene Darstellungsmethode, nur mit dem Unterschied, dass er das alkoholische Extract nicht mit Holzkohle mischte, sondern für sich mit Alkohol auskochte. Durch wiederholtes Lösen in siedendem Alkohol reinigte er das Githagin.

Das von Natanson erhaltene Githagin besitzt dieselben Eigenschaften, welche Scharling von seinem Präparate angiebt. Ausserdem hat er noch folgende Reactionen ausfindig gemacht:

1. Eine wässrige Githaginlösung reducirt beim Erwärmen Fehling'sche Lösung. 2. Gold-, Silber- und Platinsalze werden beim Erwärmen reducirt unter Ausscheidung der betreffenden Metalle. 3. Quecksilberchlorid wird zu Chlorür reducirt, ebenso verhält es sich mit Zinnchlorid, welches ebenfalls zu Chlorür reducirt wird. Diese reducirenden Eigenschaften des Githagins dürften wohl auf eine Verunreinigung mit Glycose zu beziehen sein.

In der Voraussetzung, dass neben dem Githagin noch eine stickstoffhaltige organische Base in den Kornradesamen enthalten sein könnte, vielleicht das Agrostemmin von Schulze oder ein ähnlicher Körper, schlug Natanson zur Gewinnung desselben das Verfahren von Schulze ein. Das dabei erhaltene Product reducirte nicht Fehling'sche Lösung; reagirte nicht alkalisch, sondern neutral; war nicht krystallinisch; mit Natronlauge erwärmt, entwickelte es kein Ammoniak; es besass überhaupt fast keine der von Schulze für Agrostemmin angegebenen Eigenschaften. Dadurch ist wohl der Beweis geliefert, dass die Kornradesamen kein Agrostemmin enthalten. Man darf daher wohl annehmen, dass Schulze durch Verunreinigung irre geführt worden ist.

Um zu constatiren, ob in den Samen ein anderes Alkaloid anwesend ist, verfuhr Natanson auf folgende Weise: Die gepulverten Samen wurden mit schwefelsäurehaltigem Wasser extrahirt; ein Theil des Auszuges der Dialyse unterworfen und der zweite Theil mit MgO zur Trockne verdunstet. Der Trockenrückstand wurde nacheinander mit schwachem Alkohol, mit Aether, Chloroform und Amylalkohol ausgeschüttet. Die Verdunstungsrückstände der Ausschüttelungen gaben mit den gewöhnlichen Alkaloidreagentien keine Veränderungen.

---

[1]) Journal de Pharmacie [3. sér.] Vol. 19, p. 348.

[2]) Natanson, Ueber die Kornradesamen. Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1867 (russisch).

Natanson stellte mit seinem Githagin auch Verbrennungsanalysen an und bekam im Mittel aus 3 Analysen

C = 49,85 % und
H = 7,40 %.

Er bestreitet die von Bussy und Crawfurd vertretene Ansicht der Identität des Saponins mit dem Githagin und führt folgende Unterschiede der beiden Körper an:

1. Die wässrige Lösung des Githagins ist vollständig klar und durchsichtig, und bei längerem Stehen verändert sie sich nicht, während die wässrige Lösung des Saponins trübe sei und beim Stehen eine weisse flockige Masse ausscheide.

2. Schwefelsäure färbe Saponin violett-blau, Githagin aber röthlich.

3. Die Reduction der obengenannten Metalle sei beim Saponin nicht so gut ausgeprägt wie beim Githagin.

4. Das Githagin wirke viel energischer als das Saponin. Während von Githagin schon 0,2 g genügten, um ein Kaninchen in recht kurzer Zeit zu tödten, seien 0,6 g Saponin und noch mehr ohne Einfluss auf Kaninchen.

5. Die Verbrennungszahlen des Githagins weichen vollständig von denen des Saponins ab. Beim Verbrennen des von ihm aus der levantischen Seifenwurzel dargestellten Saponins erhielt Natanson

C = 52,46 % und
H = 7,13 %.

Das Githagin dagegen lieferte

C = 49,85 % und
H = 7,40 %.

Der Letzte, der die Kornradesamen einer chemischen Analyse unterwarf, war Christophsohn[1]). Er schlug zur Darstellung des Githagins, resp. Saponins aus den Samen folgendes Verfahren ein. Das durch Petroläther vom Oele befreite Mehl wurde wiederholt mit 85° Alkohol ausgekocht, siedend heiss filtrirt und der beim Erkalten ausgeschiedene Körper gesammelt. Letzterer wurde mit 95° Alkohol gewaschen und getrocknet. Zur Reinigung des Körpers benutzte er das von v. Payr und Rochleder[2]) vorgeschlagene, von mir oben (S. 13) schon besprochene Barytreinigungsverfahren. Er untersuchte neben den Kornradesamen auch noch die Quillajarinde, die rothe und die levantische Seifenwurzel und fand, dass die aus diesen vier Drogen dargestellten Saponinsubstanzen identisch sind. Sowohl die Verbrennungszahlen, als auch die Zahlen, die er bei der Spaltung erhalten hat, gaben für alle vier Saponine fast gleiche Werthe. Das Saponin der Kornrade gab

C = 54,446 % und
H = 8,361 %,

das aus der Quillajarinde

C = 54,432 % und
H = 8,244 %.

---

[1]) Christophsohn, Vergleichende Untersuchungen über das Saponin etc. Inaug-Dissert. Dorpat 1874.

[2]) Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaft. Math.-naturw. Classe, Bd. **45**, 2, 1862, p. 7.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, sind die Ansichten der verschiedenen Forscher über den Saponinkörper der Kornradesamen sehr getheilt: während von einigen vier Saponinsubstanzen als identisch erklärt werden, bringen andere Beweise für die entgegengesetzte Meinung bei. Dass die Kornradesamen einer neuen Untersuchung bedürfen, liegt wohl auf der Hand, da die Saponinfrage, wie ich in der vorhergehenden Arbeit ausführlich erörtert habe, durch Prof. Kobert eine ganz andere geworden ist.

Zweck meiner hier folgenden Untersuchung ist es daher, die Saponinsubstanz der Samen von Agrostemma Githago L. nach den von mir [1]) für levantisches Sapotoxin, Sapindus-Saponin und Chamälirin eingeschlagenen Darstellungsverfahren möglichst rein zu isoliren, einer eingehenden Erforschung zu unterziehen und festzustellen, ob erstens das Githagin mit dem Sapotoxin, resp. mit der Quillajasäure der Formel und Wirkung nach identisch ist, oder wodurch sie sich unterscheiden, und zweitens, ob wir es mit einer einzigen Saponinsubstanz zu thun haben, oder ob sich, ebenso wie in der Quillajarinde und der Senegawurzel, so auch in den Kornradesamen zwei active Körper befinden.

II. Eigene Darstellung des wirksamen Princips.

Erste Methode. 100 g zu einem feinen Mehle vermahlenen Samens wurden mit destillirtem Wasser circa drei Stunden lang auf dem Dampfbade gekocht. Der erhaltene Brei wird mit 96° Alkohol gefällt, das sich dabei ausscheidende Mehl abfiltrirt, nochmals mit Wasser circa drei Stunden gekocht und wieder mit 96° Alkohol gefällt. Die auf diese Weise erhaltenen alkoholischen Flüssigkeiten werden vermengt, auf dem Dampfbade der Alkohol abdestillirt und der Rückstand mit Bleiacetat versetzt. Es fällt dabei ein voluminöser Niederschlag heraus, der nach gehörigem Waschen, nach Entfernung des Bleies durch H^2S und Eindunsten auf dem Dampfbade keine Saponinreaction giebt. Es ist also dadurch der Beweis geliefert, dass eine der Quillajasäure ähnliche Saponinsubstanz in den Kornradesamen nicht enthalten ist.

Die vom Bleiacetatniederschlag abfiltrirte Flüssigkeit wird, nachdem man sich überzeugt hat, dass neutrales Bleiacetat keinen Niederschlag mehr giebt, auf dem Dampfbade concentrirt und mit einem Ueberschuss von Bleiessig versetzt. Es scheidet sich dabei ein ziemlich voluminöser weisser Niederschlag aus. Das Filtrat enthält ein Kohlehydrat, wahrscheinlich das Lactosin von Arthur Meyer [2]). Der von der Flüssigkeit durch Filtration getrennte Niederschlag wird auf dem Filter erst mit bleiessighaltigem Wasser, dann mit verdünntem Alkohol und endlich mit absolutem gewaschen. Das Waschen mit

---

[1]) Siehe oben p. 14—16.
[2]) Arthur Meyer, Berichte der deutschen chemischen Gesellsch. Jahrg. 17, 1884, p. 685.

Wasser wird so lange fortgesetzt, bis das Filtrat auf Zusatz von ammoniakalischem Bleiessig keine Trübung mehr erzeugt. Der Niederschlag wird vom Filter genommen, in verdünnten Alkohol suspendirt, die Hauptmenge des Bleies durch verdünnte Schwefelsäure und der Rest durch Einleiten von H^2S und darauffolgendes Filtriren entfernt.

Das Einleiten von H^2S muss auf ein Minimum reducirt werden, da durch längeres Einleiten von H^2S die Saponinsubstanz zersetzt, verändert oder wenigstens mit dem Schwefelblei niedergerissen wird. Diese Erfahrung haben auch schon Christophsohn und Atlass[1]) gemacht.

Das Filtrat wird auf dem Dampfbade zum Sirup concentrirt und die Masse in ein Gemisch aus 4 Theilen Chloroform und 1 Theil Alkohol heiss aufgenommen. Der grösste Theil der Saponinsubstanz geht dabei in Lösung, während die Verunreinigungen ungelöst zurückbleiben. Die filtrirte Lösung wird mit Aether versetzt, ordentlich umgeschüttelt und für einige Zeit an einen kühlen Ort gestellt. Es scheiden sich dabei weisse Flocken aus, die auf einem Filter gesammelt, im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet und zu einem feinen Pulver verrieben werden.

Zweite Methode. 100 g Mehl wird am Rückflusskühler mit 50° Alkohol 3—4 Stunden gekocht. Der gelblich gefärbte Auszug wird vom Mehle abfiltrirt und mit letzterem die Operation noch zwei Mal wiederholt. Von den vereinigten filtrirten Flüssigkeiten wird der Alkohol abdestillirt und der filtrirte Rückstand mit einem Ueberschuss von MgO (10—15 g auf 100 g Mehl) zur Trockne gebracht. Die trockene und gepulverte Masse wird mit absolutem Alkohol ausgekocht und mit Aether versetzt; es scheidet sich dabei die Saponinsubstanz in weissen Flocken aus, die abfiltrirt, im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet und zu einem feinen Pulver verrieben werden.

Da diese Saponinsubstanz nicht ohne Weiteres als identisch mit dem in vielen Beziehungen ähnlichen Sapotoxin der Quillajarinde angesehen werden kann, so wird wohl die Bezeichnung Agrostemma-Sapotoxin für dieselbe zunächst passender sein.

III. Eigenschaften des Agrostemma-Sapotoxins.

Das Agrostemma-Sapotoxin ist ein gelblich-weisses, amorphes Pulver. Sein Geschmack ist anfangs milde, dann brennend, und erzeugt für lange Zeit Kratzen im Halse. Sein Staub erregt heftiges Brennen in der Nase und Niesen; in die Augen gerathen, verursacht es Thränenfluss. In Wasser ist es sehr leicht löslich, ebenso in kohlensauren und Aetzalkalien. In starkem Alkohol ist es schwieriger löslich als in schwachem, in heissem starken Alkohol wieder leichter löslich als in kaltem; beim Erkalten einer heissen alkoholischen Lösung fällt ein grosser Theil wieder heraus. Beim Erwärmen löst es sich

---

[1]) Atlass, diese Instituts-Arbeiten, Bd. **1**, 1888, p. 63.

in einem Gemisch aus 4 Theilen Chloroform und 1 Theil Alkohol, aber auch in einem Gemisch aus 1 Theil Chloroform und 4 Theilen Alkohol. In Aether, Chloroform, Petroläther, Benzin und Schwefelkohlenstoff ist es vollständig unlöslich.

Die Löslichkeitsverhältnisse in Methyl-, Aethyl- und Amylalkohol sind folgende: 10 cc einer bei 25° C. gesättigten Lösung hinterliessen beim Verdunsten aus

Methylalkohol	Aethylalkohol	Amylalkohol
0,0083 g = 0,083 %	0,004 g = 0,40 %	0,0051 g = 0,051 %

Die Saponinsubstanz der Kornrade ist also wie das gewöhnliche Sapotoxin in Methylalkohol besser löslich als in Aethyl- und Amylalkohol.

Die wässrige Lösung des Agrostemma-Sapotoxins lässt Lackmuspapier wie Sapotoxin unverändert; beim Schütteln erzeugt es sehr viel Schaum. Bei Zugabe von kohlensaurem Alkali, Aetzkali oder Aetznatron oder auch von Ammoniak wird der Schaum reichlicher. Das Agrostemma-Sapotoxin besitzt, ebenso wie die andern Saponinsubstanzen, die Fähigkeit, in concentrirter wässriger Lösung unlösliche Körper emulsionartig zu vertheilen und lange Zeit suspendirt zu halten. Beim Stehen an der Luft zersetzt sich die wässrige, nicht sterilisirte Lösung unseres Stoffes unter Ausscheidung einer flockigen Masse recht schnell, wobei es zu reichlicher Pilzbildung kommt. Bringt man eine concentrirte wässrige Lösung des Stoffes in den Dialysator, so dringt nur ein sehr kleiner Theil durch die Membran durch, es ist also, wie die meisten andern Saponinsubstanzen, ein colloidaler Körper. Beim langsamen Verdunsten einer alkoholischen Lösung hinterbleibt es amorph. Die Krystalle, die Scharling beim langsamen Verdunsten einer alkoholischen Githaginlösung bekommen hat, werden wohl auf eine Verunreinigung zu beziehen sein. Beim Erhitzen auf einem Platinbleche bläht sich unser Glycosid unter Verbreitung eines weissen Rauches und unangenehmen Geruches zu einer voluminösen Kohle auf, die dann ohne Rückstand verbrennt.

IV. Reactionen des Agrostemma-Sapotoxins.

Agrostemma-Sapotoxin löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit hellgelber Farbe, die nach Verlauf von einigen Stunden durch Orange in Roth übergeht. Im Spectrum [1]) stellt sich in dem Masse,

[1]) Die spectroskopischen Untersuchungen war mein College O. Brasche so liebenswürdig auszuführen. Vergl. Pharm. Zeitschr. f. Russland Jahrg. **30**, 1891, p. 113.

als die Färbung dunkler wird, ein Absorptionsband in der Nähe der E-Linie ein von λ 528—548, welches nach zunehmender Rothfärbung an Intensität gewinnt und sich schliesslich mit sehr verwaschenen Rändern über das ganze grüne Feld ausdehnt. Versetzt man die orange gewordene Lösung mit einem Tropfen Wasser, so findet eine kirschrothe bis violettrothe Färbung statt, die im Spectrum anfänglich nur ein undeutliches Band bei der Frauenhofer'schen b-Linie erkennen lässt; bald stellt sich jedoch auch ein zweites Band zwischen der D- und E-Linie ein, welches mit zunehmender Violettfärbung immer intensiver wird.

Mit Fröhde's Reagens findet eine bräunlichgelbe, allmählig braunrothe Färbung statt, die im Spectrum ein undeutliches Band bei der E-Linie aufweist.

Das Mono- und Dihydrat der Vanadinschwefelsäure färbt das Agrostemma-Sapotoxin braunroth und giebt im Spectrum ein sehr undeutliches Band zwischen der b- und F-Linie.

Kaliumbichromat wird mit grüner Farbe reducirt, ohne ein Spectrum zu liefern.

Das Lafon'sche Reagens (alkoholische Schwefelsäure und Eisenchlorid) färbt undeutlich grün, bietet aber kein characteristisches Spectrum dar.

Rauchende Salpetersäure löst das Agrostemma-Sapotoxin mit gelber Farbe auf. Beim Erwärmen bildet sich Oxalsäure.

In concentrirter Salzsäure löst sich die Substanz leicht auf. Beim Erwärmen wird die Flüssigkeit trübe und färbt sich dunkler. Bei Zusatz von Wasser scheiden sich weisse Flocken aus.

Concentrirte Essigsäure löst leicht auf, ohne beim Erwärmen zu verändern.

Ammoniak löst das Agrostemma-Sapotoxin leicht auf. Ein Zusatz von Säuren lässt die Lösung unverändert. Ebenso wie Ammoniak verhält es sich mit Kali- und Natronlauge.

Barythydrat giebt in concentrirter Lösung einen voluminösen weissen Niederschlag, der in Wasser löslich ist.

Silbernitrat wird von einer wässrigen Agrostemma-Sapotoxin-Lösung erst beim längeren Kochen unter Ausscheidung von Metall reducirt.

Kaliumpermanganat wird schnell entfärbt.

Bleiessig giebt einen weissen Niederschlag.

Neutrales Bleiacetat giebt keine Fällung.

Fehling'sche Lösung wird nicht reducirt.

Eisenchlorid- und Sublimatlösung trüben eine Agrostemma-Sapotoxin-Lösung in der Kälte.

V. Elementaranalysen des Agrostemma-Sapotoxins.

Die Verbrennungen habe ich im Platinschiffchen im offenen Rohr mit CuO ausgeführt. Zu Anfang der Verbrennung wurde ein langsamer Strom von Luft und sobald sich Kohle bildete, von Sauerstoff

durch das Verbrennungsrohr geleitet. Zuletzt wurden durch einen Luftstrom die letzten Reste der Verbrennungsgase aus dem glühenden Kupferoxyd ausgetrieben.

Zu den Analysen habe ich stets bei 110° C. getrocknete und aschenfrei berechnete Substanz genommen. Die Menge der Asche betrug im Durchschnitt 1,4 Procent.

Die Ergebnisse der Analysen sind folgende:

Analyse I. 0,318 Agrostemma-Sapotoxin ergab bei der Verbrennung

0,582 CO^2 = 0.1587 C und
0,1998 H^2O = 0,0222 H.

Analyse II. 0,296 Substanz ergab bei der Verbrennung

0,5453 CO^2 = 0,1487 C und
0,1887 H^2O = 0,0210 H.

Analyse III. 0,351 Substanz ergab bei der Verbrennung

0,6442 CO^2 = 0,1757 C und
0,2240 H^2O = 0,0249 H.

Analyse IV. 0,346 Agrostemma-Sapotoxin ergab bei der Verbrennung

0,6320 CO^2 = 0,1724 C und
0,2150 H^2O = 0,0239 H.

Analyse V. 0,281 Substanz ergab bei der Verbrennung

0,5141 CO^2 = 0,1402 C und
0,1741 H^2O = 0,0193 H.

Nummer der Analyse		I	II	III	IV	V
Procentgehalt an	C	49,91	50,24	50,05	49,81	49,89
	H	6,98	7,08	7,08	6,90	7,04
	O	43,11	42,68	42,87	43,29	43,07
Summa		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

		Das Mittel aus allen 5 Analysen	Berechnet für $C^{17}H^{28}O^{11}$
Procentgehalt an	C	49,98	50,00
	H	7,02	6,87
	O	43,00	43,13
Summa		100,00	100,00

Vergleichen wir nun die von mir für Agrostemma-Sapotoxin gefundenen Zahlen mit denen der anderen Beobachter, so ersehen wir, dass die Werthe, welche Natanson für sein Githagin gefunden hat, denen meines Agrostemma-Sapotoxins sehr nahe kommen, während die von Christophsohn für sein Saponin aus Kornradesamen gefun-

denen Zahlen davon weit abweichen. Die Analysen von Crawfurd nähern sich ebenfalls mehr den meinigen als denen von Christophsohn.

Der besseren Uebersicht wegen will ich die Analysen der verschiedenen Beobachter hier nochmals zusammenstellen.

Name des Autors.	C	H	O
Natanson	49,85	7,40	42,75
Kruskal	49,98	7,02	43,00
Crawfurd	50,72	7,44	41,84
Christophsohn	54,45	8,36	37,19

Den niederen Kohlenstoffgehalt, den Natanson für sein Githagin gefunden hat, bezieht Prof. Dragendorff[1]) auf eine Unterlassung der Barytreinigung des Githagins, was mir aber nicht verständlich ist, da, wie ich auf Seite 50 der vorhergehenden Arbeit gezeigt habe, nur die physiologische Wirkung eine andere wird, indem das Sapotoxin, welches durch Barytfällung gereinigt wurde, fast ungiftig wird, während die quantitative Zusammensetzung unverändert bleibt.

Einen Vergleich der Werthe, die ich für Agrostemma-Sapotoxin gefunden habe, mit den für das Quillajasapotoxin und das levantische Sapotoxin von mir gefundenen ergiebt die nachstehende Tabelle.

n = 17	Gefunden von mir für			Berechnet für $C^{17}H^{28}O^{11}$
$C^{17}H^{28}O^{11} = C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O$	Levantisches Sapotoxin	Quillaja-Sapotoxin	Agrostemma-Sapotoxin	
Procentgehalt an C	49,79	49,96	49,98	50.00
Procentgehalt an H	6,88	6,76	7,02	6.87
Procentgehalt an O	43,33	43,28	43,00	43.13
Summa	100,00	100,00	100,00	100,00

Die Uebereinstimmung dieser Analyse ist eine sehr befriedigende, so dass es als entschieden angesehen werden kann, dass die elementare Zusammensetzung des levantischen Sapotoxins, des Quillajasapotoxins und des Agrostemma-Sapotoxins dieselbe ist, womit natürlich durchaus nicht gesagt sein soll, dass sie alle drei identisch wirken, denn schon Kobert hat gezeigt, dass das ganz unwirksame Stütz'sche Saponin und seine so giftige Quillajasäure die gleiche elementare Zusammensetzung haben. In der That muss ich die physiologische Identität der drei Körper, wie die späteren Thierversuche zeigen werden, bestreiten.

[1]) Jahresbericht über die Fortschritte der Pharmakognosie etc. 1874, p. 159.

VI. Spaltungsanalysen des Agrostemma-Sapotoxins.

Spaltungen des Saponins der Kornradesamen hat bisher nur Christophsohn ausgeführt. Natanson und Crawfurd gaben zwar an, dass beim Kochen einer Githaginlösung mit verdünnten Säuren ein voluminöser Körper sich ausscheide, haben aber denselben nicht quantitativ bestimmt.

Christophsohn führt die Spaltung in folgender Weise aus: Das Saponin wurde im Verhältniss von 1 : 100 in Wasser gelöst, die Lösung mit 3 ccm officineller Salzsäure angesäuert und eine Stunde unter Erneuern des verdampften Wassers und unter beständigem Umrühren gekocht. Er erhielt 35,9 % Sapogenin und 63,6 % Zucker, den er als Traubenzucker beschreibt.

Die Spaltung des Agrostemma-Sapotoxins führte ich nach folgender Methode aus: Die Substanz wurde in Wasser gelöst, auf 100 ccm Lösung 2 ccm officinelle Salzsäure hinzugefügt, die Mischung in Glasröhren eingeschmolzen und im Kanonenofen 3—4 Stunden lang bei einer Temperatur von 140—150° C. erhitzt. Die Spaltung der Substanz wurde als vollendet angesehen, wenn ein neues Erhitzen mit neuer Säure in der abfiltrirten Flüssigkeit keine Veränderung mehr ergab. Nach dem Erkalten wurde der bei der Spaltung gebildete gelatinöse Körper auf ein getrocknetes und tarirtes Filter gebracht, mit Wasser gut ausgewaschen und dann so lange bei 110° C. getrocknet, bis kein Gewichtsverlust mehr eintrat. Das zum Auswaschen benutzte Wasser wurde mit dem vom gelatinösen Körper befreiten Filtrat vereinigt und in ihnen der Zuckergehalt bestimmt. Anstatt Salzsäure wurde bei manchen Analysen auch Schwefelsäure benutzt; das Ergebniss war aber das gleiche. Es muss noch bemerkt werden, dass die Spaltung des Agrostemma-Sapotoxins langsamer und schwieriger als die der von mir früher gespaltenen Saponinsubstanzen vorgeht.

Eine Spaltung ohne Säure tritt zwar auch ein, dauert aber 6—7 Stunden, wobei dieselbe Temperatur beobachtet werden muss.

Bei der Spaltung des Agrostemma-Sapotoxins erhielt ich, ebenso wie auch Kobert bei der Analyse seiner Quillajasäure und ich bei den anderen Saponinsubstanzen, keine vollen hundert Procente Spaltungskörper. Dass bei der Spaltung sich noch ein dritter Körper bilde, habe ich bereits S. 39 ausgesprochen; ich kam zu dieser Behauptung dadurch, dass die Flüssigkeit nach der Spaltung immer einen schönen aromatischen Geruch hatte. Dieser Geruch wird, meiner Ansicht nach, von dem bei der Spaltung sich bildenden dritten Körper verursacht.

Ich nahm die Spaltung in alkoholischer Lösung vor, setzte 2 ccm Salzsäure auf 100 ccm Alkohol hinzu und destillirte, nachdem die Spaltung beendet war, den Alkohol ab. Der Alkohol besass auch hier denselben aromatischen Geruch, den ich schon früher wahrgenommen hatte, und liess nach dem Verdunsten des Alkohols einen gelblichen, harzartigen, aromatisch riechenden Körper zurück, welcher 12,6 % des verwandten Sapotoxins betrug.

Die Annahme, dass bei dem hohen Druck und der hohen Temperatur aus dem Zucker sich Zersetzungsproducte bilden könnten, konnte hier insofern ausgeschlossen werden, als auch beim Spalten im offenen

Reagensglase derselbe Geruch wahrnehmbar war. Bei der Spaltung der anderen Sapotoxine traten, wie ich nachträglich festgestellt habe, übrigens genau dieselben Verhältnisse ein.

In einer späteren Arbeit habe ich die Absicht, den Spaltungsproducten ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Kommen wir nun zu den Ergebnissen der Spaltungsanalysen, wobei ich ganz wie in der vorigen Arbeit den Zucker zunächst als nur aus Dextrose bestehend ausgedrückt habe. Die Umrechnung auf Dextrose + Galactose folgt weiter unten. Die Titration wurde mit Fehling'scher Lösung vorgenommen.

Analyse 1. 0,242 trockenes und aschenfrei berechnetes Agrostemma-Sapotoxin gab bei der Spaltung in zugeschmolzenem Rohre mit 2%iger Salzsäure 0,061 Sapogenin = 25,20 % und 0,1378 Dextrose = 56,98 %.

Analyse 2. 0,261 trockenes, aschenfrei berechnetes Agrostemma-Sapotoxin lieferte beim Spälten in zugeschmolzenem Rohre mit 2%iger Salzsäure 0,067 Sapogenin = 25,67 % und 0,1478 Dextrose = 56,62 %.

Analyse 3. 0,325 trockene, aschenfrei berechnete Substanz lieferte bei der Spaltung in zugeschmolzenem Rohre mit 2%iger H^2SO^4 0,079 Sapogenin = 24,3 % und 0,1858 Dextrose = 57,16 %.

Analyse 4. 0,292 trockenes, aschenfrei berechnetes Agrostemma-Sapotoxin gab bei der Spaltung im zugeschmolzenen Rohre mit 2%iger Salzsäure 0,0728 Sapogenin = 24,93 % und 0,1652 Dextrose = 56,58 %.

Im Mittel erhält man aus allen 4 Analysen

Nummer der Analyse	Sapogenin		Glycose		Glycose + Galactose
	absolut	in Proc.	absolut	in Proc.	in Proc.
I	0,061	25,20	0.1378	56.98	28,49 + 38,49
II	0,067	25,67	0,1478	56.62	28.31 + 38,25
III	0.079	24.30	0.1858	57.16	28.58 + 38,61
IV	0.0728	24,93	0,1652	56.58	28,29 + 38,22
Im Mittel		25,02			66,81

In Summa 91,83 % Spaltungskörper. Dazu kommt noch
12,60 % harzartiger, aromatischer Rückstand
104,43 %.

Nach der Formel

$$(2\,C^{17}H^{26}O^{10} + H^2O) + 6\,H^2O = 4\,C^6H^{12}O^6 + (C^5H^8O)^2H^2O$$

ist verlangt 23,31 %, gefunden 25,02 % } Sapotoxin-Sapogenin.

Nach derselben Formel

ist verlangt 113,18 %, gefunden 104,43 % } als Summe aller Spaltungskörper.

Die fehlenden 9 % kommen auf Conto des sich beim Verdunsten über Schwefelsäure theilweise verflüchtigenden harzartigen Körpers.

VII. Eigenschaften des Sapogenins aus Agrostemma-Sapotoxin.

Das Sapogenin stellt nach dem Trocknen eine bräunliche Masse dar, die durch wiederholtes Lösen in Alkohol rein erhalten werden kann. Aus der alkoholischen Lösung scheidet es sich bei langsamer Verdunstung in krystallinischer Structur aus. Durch Lösen in Essigsäure oder Aether war es nicht möglich Krystalle zu erhalten, ebenso wenig aus Methylalkohol. In Wasser ist es unlöslich, löst sich ausser in den genannten Lösungsmitteln aber noch in kohlensaurem Alkali, Kali- und Natronlauge und ebenso in Ammoniak. Verdünnte Säuren scheiden aus diesen Lösungsmitteln das Sapogenin wieder aus.

Concentrirte Schwefelsäure färbt das Sapogenin violettroth, die Färbung hält einige Stunden an, ohne sich zu verändern.

Mit dem Glycosengemisch unterliess ich, da ich die beiden Zucker nicht zu trennen vermochte, Identitätsreactionen anzustellen; ich will auf diesen Punkt in meiner späteren Arbeit über die Spaltungskörper der Saponinsubstanzen näher eingehen.

VIII. Quantitative Bestimmung des Sapotoxingehalts der Kornradesamen.

Ueber die quantitative Bestimmung des Sapotoxins der Kornradesamen hat die Litteratur nur Weniges aufzuweisen. Während mit der chemischen und physiologischen Wirkung des Agrostemma-Saponins sehr viele Forscher sich beschäftigt haben, haben quantitative Bestimmungen bloss Crawfurd und Christophsohn ausgeführt. Die Analyse von Crawfurd hat aber fast gar keinen Werth, da der von ihm gefundene Gehalt an Saponin (Githagin) entschieden unrichtig ist.

In der letzten Zeit haben K. B. Lehmann und Mori[1]) eine vollständige Analyse der Samen ausgeführt und darin auch den Saponingehalt bestimmt. Zum Vergleich will ich hier die Zahlen, die Crawfurd gefunden hat, denn auch er hat eine vollständige Analyse der Samen ausgeführt, denen von Lehmann und Mori an die Seite stellen:

Crawfurd		Lehmann und Mori	
Fettes Oel und etwas Harz	5,2 %	Fett	7,09 %
Saponin	**0,9** %	**Saponin**	**6,56** %
Stärke	46,0 %	Stärke } Zucker }	47,87 %
Gummi und Extractivstoff	5,5 %		
Zucker	7,5 %	Eiweiss	14,46 %
Cellulose	24,9 %	Cellulose	8,23 %
Wasser	10,0 %	Wasser	11,50 %
Asche	2,6 %	Asche	3,97 %
Summa	102,6 %	Summa	99,68 %

[1]) Lehmann und Mori, Archiv für Hygiene, Bd. 9, 1889, p. 257.

Wie abweichend die Werthe sind, ist aus dieser Zusammenstellung klar ersichtlich. Die Unrichtigkeit der Zahlen, welche Crawfurd bekommen hat, wird wohl den unvollkommenen Apparaten, die damals das Ausführen einer quantitativen Analyse schwer machten, zuzuschreiben sein.

Christophsohn bestimmte den Saponingehalt der Kornradesamen nach zwei Methoden und erhielt nach beiden fast übereinstimmende Zahlen und zwar 6,67 % und 6,51 % Saponin.

Ich benutzte zur quantitativen Bestimmung des Sapotoxins der Kornradesamen dieselbe Methode, welche ich zur Bestimmung des Saponingehalts der andern saponinhaltigen Drogen anwandte (vgl. S. 44). Die Ausführung des Versuches geschah in folgender Weise: Eine gewogene Menge des Mehles wurde mit relativ viel Wasser ausgekocht. Das Decoct wurde mit Alkohol versetzt und filtrirt. Diese Operation wurde 3 Mal wiederholt. Nachdem von den vereinigten filtrirten Decocten der Alkohol abdestillirt worden war, wurde der Rückstand in Wasser aufgenommen, auf ein kleines Volumen gebracht, mit gesättigtem Barytwasser versetzt, gut umgerührt und der ausgeschiedene Saponinbaryt auf einem getrockneten tarirten Filter gesammelt. Dieser Niederschlag wurde so lange mit gesättigtem Barytwasser ausgewaschen, bis letzteres farblos durchs Filter ging; hierauf wurde er zuerst im Trockenschrank, dann im Trockenofen bei 110° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocknet. Die letzte Wägung ergab nach Abzug des Filtergewichts die Saponinbarytmenge.

Der Saponinbaryt wurde nebst dem Filter in einen tarirten Porzellantiegel gebracht und so lange geglüht, bis die Asche fast weiss war; sie bestand aus Baryumcarbonat und wurde nach dem Erkalten und Ermitteln des Gewichtes von dem Saponinbaryt in Abzug gebracht.

Die Differenz ergab die Menge des Sapotoxins.

I. 5,0 Kornrademehl gaben 1,709 bei 110° C. getrocknetes Saponinbaryt. Nach dem Glühen blieben 1,411 Asche, bestehend aus $BaCO^3$.

$$1{,}709 - 1{,}411 = 0{,}298 \text{ Saponin} = 5{,}96\,\%.$$

II. 5,0 Kornrademehl gaben 1,718 bei 110° C. getrocknetes Saponinbaryt. Nach dem Glühen blieben 1,399 Asche, bestehend aus $BaCO^3$.

$$\text{Verlust} = 0{,}319 \text{ Saponin} = 6{,}38\,\%.$$

Im Mittel aus beiden Analysen 6,17 %.

Da ich schon nach dieser Methode mit Lehmann und Mori und Christophsohn gut übereinstimmende Zahlen erhalten habe, so unterliess ich die Bestimmung nach der von mir angegebenen zweiten Methode.

IX. Ueber den forensischen Nachweis des Kornradesamenpulvers im Mehle.

Der Nachweis muss in einen chemischen und einen mikroskopischen eingetheilt werden. Der mikroskopische Nachweis, welcher sich an die eingehenden Angaben Möller's [1]) anzuschliessen hat, beruht auf dem characteristischen Bau der Samen. Die Oberhautzellen sind nämlich, wie Fig. IV meiner Abbildung, die ich nach Möller gebe, zeigt, ausserordentlich gross, geweihartig verästelt, nach aussen gebuckelt, sehr dickwandig und an der Oberfläche mit winzigen cuticularen Höckerchen besetzt. Die Wanddicke ist so beträchlich, dass das Lumen der Zellen bedeutend kleiner ist, als der äussere Umfang. Die Membranen sind imprägnirt mit einer dunkelrothbraunen Substanz, welche auch den Zellinhalt bildet. An die Epidermis schliesst sich, von ihr schwer ablösbar, eine äusserst dünne Parenchymschicht aus zartwandigen, gestreckten Zellen an. Das Epithel der Samenhaut besteht aus flachen, unregelmässigen isodiametrischen Zellen, deren auszeichnendes Merkmal eine zarte Streifung der Membran ist, in Folge deren sie auf Durchschnittsansichten fein geperlt erscheinen.

Das mehlhaltige Endosperm ist ein mässig grosszelliges Parenchym, erfüllt mit sehr kleinen freien Stärkekörnchen und höchst characteristischen spindel-, flaschen- und eiförmigen, selten kugeligen, 0,02—0,10 mm grossen, fein granulirten Körpern. Es sind, wie ihr Entdecker Vogl vermuthet, Massen aus Saponin und Schleim, in welche die Stärkekörnchen eingebettet sind. In Wasser zerfallen sie langsam; rasch lösen sie sich beim Erwärmen und in verdünntem Alkohol, wobei die Stärkekörnchen frei werden und in Molekularbewegung gerathen.

Findet man diese Stärkekörper bei der mikroskopischen Prüfung, so ist der Nachweis des Radengehaltes erbracht. Beneke [2]) hat nun zwar in einigen anderen Unkrautsamen ganz ähnliche Stärkekörper gefunden; diese sind aber sämmtlich kleiner, nämlich unter 0,07 mm gross. In der Regel findet man übrigens diese Körper selbst in stark radehaltigem Mehle nicht, theis weil ihre Menge im Mehle doch nur eine sehr geringe ist, theils weil sie zerfallen und dadurch unsichtbar geworden sind. Weiter lassen sich unter dem Mikroskope die durch ihre Farbe, Grösse und Form ausgezeichneten Bruckstücke der Samenschale meistens gut nachweisen, wie ein Blick auf unsere Figuren IV und VI leicht verständlich macht.

Einfacher als der mikroskopische Nachweis, der eine genaue Kenntniss des anatomischen Baues der Samen voraussetzt, ist der chemische. Vogl [3]) wendet zur chemischen Prüfung des auf Kornrade verdächtigen Mehles ein Gemisch aus 70 %igem Alkohol mit 5 %iger Salzsäure an. Zur Ausführung der Reaction schüttelt man

---

[1]) Möller, Real-Encyclopädie der gesammten Pharmacie, Bd. **1**, 1886, p. 185.

[2]) Beneke, Ueber den Nachweis des Samens der Kornrade. Landwirthschaftl. Versuchsstation, Bd. **31**, 1885, Nr. 5.

[3]) Vogl, Die gegenwärtig am häufigsten vorkommenden Verunreinigungen des Mehles. Wien 1880.

2 g Mehl mit 10 ccm dieser Mischung und beobachtet die Färbung, welche nach einigem Stehen die Flüssigkeit nach dem Absetzen zeigt. Der Sinn des Verfahrens ist der, dass durch die Säure die S. 107 beschriebene Farbenréaction des Sapotoxins entstehen soll. Bei einem Mehle, das nur 5 % Kornrade enthält, ist die Flüssigkeit in der That nach Vogl orangegelb, während bei einem kornradefreien Mehle die Flüssigkeit farblos bis blass gelb erscheint.

Petermann[1]) sucht das Sapotoxin zu gewinnen und mit ihm die für dasselbe characteristischen Reactionen anzustellen. Er verfährt zu diesem Zwecke folgendermassen: 500 g Mehl werden mit 1 l 85%igem Alkohol im Wasserbade digerirt und heiss filtrirt; das Filtrat wird mit absolutem Alkohol gefällt, der sich in der Kälte ausscheidende Niederschlag bei 100° C. getrocknet und mit kaltem Wasser aufgenommen. Fällt man diesen Auszug wiederum mit absolutem Alkohol, so erhält man durch Trocknen des filtrirten Niederschlages ein gelblich weisses Pulver, welches mit Wasser geschüttelt stark schäumt, sich mit concentrirter Schwefelsäure violettroth färbt und auf salpetersaures Silber reducirend einwirkt. Fehling'sche Lösung wird erst nach vorherigem Kochen des Sapotoxins mit verdünnter Salzsäure reducirt. Die wässrige Lösung der zu untersuchenden Substanz wird durch Bleiessig, aber nicht durch Tannin gefällt.

Nach Hager[2]) kann der Gehalt an Kornrade im Mehle nach dem Gehalt an fettem Oele bemessen werden. Während das gewöhnliche Mehl 1 % eines flüssigen, wenig oder gelblich gefärbten, mildschmeckenden Oeles enthält, soll der Fettgehalt in den Kornradesamen auf circa 30 % steigen können, eine Angabe, welche wir als irrthümlich bezeichnen müssen, denn wie wir oben gesehen haben, enthalten die Kornradesamen bloss 7 % Fett.

Quantitativ soll sich der Kornradegehalt im Mehle nach der Methode von Malapert bestimmen lassen. Dieselbe stützt sich darauf, dass das Sapotoxin der Kornradesamen freies Jod absorbirt und dessen characteristische färbende Einwirkung auf Stärke hindert[3]).

Endlich darf nicht unerwähnt bleiben, dass Hand in Hand mit diesen rein chemischen Methoden auch die physiologische Nachweismethode gehen kann, ja gehen muss; doch sind zum Verständniss derselben erst die nachfolgenden Kapitel zu lesen. Ich kann daher am Schluss der Arbeit auf diese Methode zurückkommen.

---

[1]) Petermann, Bulletin de l'Académie de Belgique 1879. Sep.-Abdr.

[2]) H. Hager, Handbuch der pharmaceutischen Praxis, Bd. **3**, 1886, p. 887.

[3]) Recueil 1876, p. 1218; Deutsche Zeitschrift für Thiermedicin und vergleichende Pathologie, Bd. **3**, Jahrgang 1877, p. 220.

C. Pharmakologischer Theil.

I. Aeltere Versuche mit der wirksamen Substanz der Kornradesamen an Thieren.

Die ersten pharmakologischen Untersuchungen über die Giftwirkung des Kornrademehls datiren schon aus dem Anfange dieses Jahrhunderts. Ich halte es für übersichtlicher, sie weiter unten bei Gelegenheit meiner eigenen Fütterungsversuche mit zu besprechen. Die ersten Versuche mit einer relativ rein dargestellten Giftsubstanz stammen von Malapert und Bonneau[1]). Diese Forscher wurden durch eine im Jahre 1837 zu Poitiers vorgekommene tödtliche Vergiftung von 16 Hühnern und Truthühnern durch Fütterung mit Stopfnudeln, die aus radehaltigem Mehle hergestellt waren, auf diese Substanz aufmerksam gemacht.

Sie experimentirten an Hunden und Vögeln mit den Kornradesamen und mit dem daraus dargestellten Sapotoxin, indem sie 8 g desselben in den Magen der Thiere einführten und nachher, um Erbrechen zu verhindern, die Speiseröhre unterbanden. Als typisches Bild für die Wirksamkeit der Substanz führen Malapert und Bonneau folgende Beobachtungen an: 1½ Stunden nach der Einführung des Giftes bemerkte man ein Zittern, das besonders stark in den hinteren Partien des Körpers ausgeprägt war; 2 Stunden später heftige Brechbewegungen mit Dyspnöe und Beschleunigung der Herzaction; nach weiteren 2 Stunden Kräfteverfall, Motilitätsstörungen, Durchfall. Nach weiteren 5 Stunden kam es zu vollständigem Coma und 20 Stunden nach der Einführung des Giftes zum Tode. Die Section ergab Verdickung und Auflockerung der Magen- und Dünndarmschleimhaut; die Peyer'schen Plaques waren geschwellt, aber nicht geschwürig.

Kräftige Hühner verendeten in 5—6 Stunden unter denselben Erscheinungen nach Eingabe von 16 Gran (= 1,0 Githagin) ungepulverten oder 10 Gran (= 0,6 Githagin) gepulverten Radesamens.

Natanson[2]), der einem Kaninchen 0,2 Githagin per os beibrachte, bemerkte eine sofortige Abnahme der Kräfte; die Athmung wurde schwächer und nach Verlauf von einer Stunde trat unter heftigen Krämpfen der Tod ein.

Durch die Arbeit von Natanson angeregt, untersuchte Pelikan[3]) verschiedene Saponinsubstanzen und zwar:

1. käufliches Saponin von unbekannter Abstammung,
2. Saponin der Quillajarinde,
3. Saponin der Senegawurzel und
4. Saponin der Kornradesamen.

Pelikan experimentirte fast ausschliesslich an Fröschen; seine Experimente ergeben folgende Resultate:

---

[1]) Malapert et Bonneau, Annales d'hygiène publ. et de médecine légale, T. **47**, 1852, p. 350.

[2]) Siehe das Citat auf S. 103.

[3]) Pelikan, Berliner klin. Wochenschrift 1867, Nr. 36, p. 186; Bull. der Kais. Akad. zu St. Petersburg, Bd. **12**, 1867, p. 253.

1. Sowohl das käufliche Saponin, als das Kornrade- und Senega-Saponin bringen qualitativ gleiche Wirkungen hervor; quantitativ wirkt das Kornrade-Saponin am stärksten und das Senega-Saponin am schwächsten.

2. 5—6 Minuten nach Injection von 1—2 Tropfen einer concentrirten Saponinlösung unter die Haut des Unterschenkels eines Frosches tritt totale Lähmung des Unterschenkels ein.

3. Die Reflexbewegungen des vergifteten Fusses hören auf; selbst Amputation ist nicht im Stande, die geringsten Zeichen von Bewegungen oder Gefühl zu erzeugen.

4. Die Erregbarkeit des Nervus ischiadicus sinkt und hört bald ganz auf, so dass die stärksten Inductionsströme, durch den Nerv geleitet, gar keine Muskelcontractionen hervorrufen; Reizung des Ischiadicus, entfernt von der Intoxicationsstelle, erzeugt normale Contractionen in denjenigen Muskeln, die nicht vom Gifte berührt worden sind; es treten auch Reflexbewegungen ein; die erhaltene Sensibilität thut sich durch Schmerzensäusserungen kund.

5. Durchschneidung des Ischiadicus verzögert, Unterbindung der Gefässe beschleunigt den Eintritt der Lähmung des Fusses.

6. Bei directer Reizung des Muskels ergiebt sich, dass seine Erregbarkeit länger andauert. Diejenigen Stellen des Muskels, an denen der Nerv eintritt, zeichnen sich durch eine grössere Reizbarkeit aus.

7. An curarisirten Fröschen ergiebt directe Muskelreizung auch keine Zuckung.

8. Bei grösseren Quantitäten des Giftes (4—5 Tropfen) bemerkt man einige Stunden nach Eintritt der beschriebenen örtlichen Paralyse auch in anderen Körpertheilen paralytische Wirkungen: Sinken der Empfindlichkeit, Aufhören der Reflexe und Stillstand des Herzens. Der Herzstillstand, selbst bei directer Application der Saponinsubstanz aufs Herz, tritt immer erst nach dem Schwinden der Reflexerregbarkeit ein.

Auf Grund dieser Versuche kommt Pelikan zu dem Schluss, dass die drei genannten Saponinsubstanzen locale Anästhetica sind. Auf Grund dieser Angabe machte 1878 Keppler[1]) jenen unglücklichen Versuch an sich selbst, der ihm beinahe das Leben gekostet hätte.

Mit der Wirkung des Kornrade-Saponins auf das Herz beschäftigte sich nur noch R. Böhm. Er prüfte die physiologischen Wirkungen des von Christophsohn[2]) dargestellten Saponins der Kornradesamen und fand, dass dasselbe viel schwächer als das Quillaja-Saponin wirke. Eine Wirkung auf das Herz war nur insofern zu erkennen, als das Gift für 2—2½ Stunden eine unbedeutende Verlangsamung der Herzschläge hervorrief. Die „Verunreinigungen" des Kornrade-Saponins riefen dagegen bedeutende Verlangsamung der Herzbewegung, sowie nach Verlauf einer Stunde Lähmung und Tod des Frosches hervor.

Ich hoffe, im chemischen Theile zur Genüge wahrscheinlich gemacht zu haben, dass das reine Kornrade-Saponin Boehm's

---

[1]) Keppler, Berlin. klin. Wochenschr., Jahrgang **14**, 1878, Nr. 32—34.
[2]) Christophsohn, Inaug.-Dissert., p. 41.

durch Baryt entgiftetes, die als „Verunreinigungen“ bezeichnete Substanz aber ein Gemisch von wirkungslosen Substanzen mit echtem Sapotoxin gewesen sein wird.

II. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins bei localer Application.

1. Wirkung auf Schleimhäute.

Das Agrostemma-Sapotoxin schmeckt scharf, hinterlässt ein Kratzen im Halse und heftiges Brennen in der Nase und Niesen. Wenn man den Rachen mit einer wässrigen Lösung bepinselt, entsteht ein lang anhaltendes Räuspern, Speien und Husten. Bringt man einige Tropfen einer Lösung in den Conjunctivalsack einer Katze, so kommt es zur Schwellung und Röthung der Bindehaut, ja selbst zur Eiterung und zu Trübung der Cornea.

Unser Gift besitzt also für die Schleimhäute der Nase, des Mundes und des Auges irritirende Eigenschaften und stimmt darin völlig mit dem Quillaja-Sapotoxin überein.

2. Wirkung auf den Muskel.

Um die Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf den Muskel zu studiren, wurde ein Muskel, gewöhnlich der Gastrocnemius, eines lebenden Frosches mit möglichster Schonung herauspräparirt, von seinen Insertionspunkten abgelöst und in Sapotoxinkochsalzlösung gelegt. Nachdem dies geschehen war, wurde seine Erregbarkeit gegen den faradischen Strom geprüft. Gleichzeitig wurde der zweite Musculus gastrocnemius desselben Frosches zur Controlle in reine 0,75 %ige Kochsalzlösung gelegt. Zur electrischen Prüfung wurde ein kleines Chromsäuretauchelement benutzt, welches in Verbindung mit dem Du Bois'schen Schlitten stand.

Versuch 1. Es werden die beiden Musc. gastrocnemii eines Frosches herauspräparirt; der eine wird in eine 1/10 %ige Agrostemma-Sapotoxin-Kochsalzlösung, der andere zur Controlle in reine 0,75 %ige Kochsalzlösung gebracht.

10 h. 30 m. Beide Muskeln zucken bei 130 mm RA. des Du Bois'schen Schlittenapparates.

11 h. 5 m. Der vergiftete Muskel ist bei 90 mm RA. nur schwach erregbar, der Controllmuskel aber bei 130 mm RA. gut erregbar.

11 h. 30 m. Der Muskel in der Giftlösung bei übereinandergeschobenen Rollen kaum erregbar.

11 h. 40 m. Der vergiftete Muskel ist gar nicht mehr erregbar.

Der Controllmuskel war noch 7 h. bei 100 mm RA. erregbar.

Versuch 2. Dieselbe Anordnung des Versuches. Die beiden Musc. gastrocnemii eines Frosches werden herauspräparirt, der eine in eine 1/15 %ige Agrostemma-Sapotoxin-Kochsalzlösung, der andere in reine 0,75 %ige Kochsalzlösung gelegt.

11 h. 15 m. Beide Muskeln sind bei 120 mm RA. erregbar.

11 h. 45 m. Der in Sapotoxinlösung sich befindende Muskel ist erst bei 110 mm RA. erregbar, der Controllmuskel noch bei 120 mm.

12 h. 30 m. Beide sind bei 110 mm RA. erregbar.
1 h. 5 m. Der Muskel in der Giftlösung ist erst bei 90 mm RA., der Controllmuskel schon bei 110 mm erregbar.
3 h. 15 m. Beide Muskeln nur noch bei starken Strömen erregbar.
3 h. 30 m. Der vergiftete Muskel nur bei übereinandergeschobenen Rollen erregbar.
6 h. 10 m. Auf den vergifteten Muskel ist selbst der stärkste Strom ohne Einwirkung; Controllmuskel durch starke Ströme noch erregbar.

Auf Grund derartiger Versuche bin ich zu dem Ergebniss gelangt, dass das Agrostemma-Sapotoxin die Erregbarkeit der Froschmusculatur bei ausgiebigem Contact mit derselben schon bei Anwendung von noch nicht einpromilligen Lösungen schädigt und bei stärkerer Concentration rasch ganz vernichtet. Im letzteren Falle sieht man mit blossem Auge, dass der Muskel seine Gestalt und Farbe ändert: er wird blass und verkürzt sich. Es handelt sich eben um grobe Structurveränderungen der Muskelsubstanz. Eine Abtödtung der Muskelnerven ist damit natürlich nicht etwa ausgeschlossen.

Das Agrostemma-Sapotoxin scheint also in Bezug auf die Musculatur dem Quillaja-Sapotoxin an Intensität der Wirkung nicht nachzustehen, wenigstens führt Pachorukow[1]) nur an, dass eine Abtödtung in 0,75%iger Giftlösung sicher stattfand. Atlass[2]) dagegen will beim Senega-Sapotoxin noch bei Anwendung von 0,01%igen Lösungen eine Wirkung auf die Muskelsubstanz wahrgenommen haben.

3. Wirkung auf den peripheren Nervenapparat.

Zur Untersuchung der Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf den peripheren Nerven wurde nach folgender Art verfahren: Der Nervus ischiadicus eines Frosches wurde mit möglichster Schonung und in möglichst grosser Ausdehnung so herausgeschnitten, dass er mit dem Musc. gastrocnemius in Zusammenhang blieb. Der Nerv wurde in Sapotoxinkochsalzlösung untergetaucht, während der Muskel in reine 0,75%ige Kochsalzlösung gethan wurde. Dann wurde die Erregbarkeit des Nerven gegen den faradischen Strom geprüft. In einer 1%igen Giftkochsalzlösung ging binnen 30 Minuten die Erregbarkeit des Nerven vollständig verloren. Bei einer ½%igen Sapotoxinkochsalzlösung blieb der Nerv nur etwas über 2 Stunden lebensfähig. Die zur Controlle in 0,75%ige Kochsalzlösung gelegten Nerv-Muskelpräparate blieben mehrere Stunden selbst durch schwache electrische Ströme erregbar.

Versuch 3. Der Nerv. ischiadicus eines Frosches wird mit möglichster Schonung in grosser Ausdehnung so herausgeschnitten, dass er mit dem Musc. gastrocnemius im Zusammenhang bleibt.

Der Muskel kommt in Schälchen mit 0,75%iger Kochsalzlösung, der Nerv in ein anderes mit einer Mischung aus 1%iger Agrostemma-Sapotoxin-Solution und physiol. Kochsalzlösung.

20 Min. nach dem Eintauchen in die Giftmischung rufen starke electrische Ströme durch den Nerv geleitet nur noch schwache Zuckungen des Muskels hervor.

---

[1]) Arbeiten dieses Instituts, Bd. **1**, p. 25.
[2]) Ibid. p. 75.

30 Min. nach dem Eintauchen rufen auch die stärksten faradischen Ströme keine Zuckungen im Muskel mehr hervor.

Controllnerv und Muskel sind dagegen nach mehreren Stunden noch erregbar.

Versuch 4. Anordnung des Versuches wie früher. Der Nerv wird in eine 0,5%ige Agrostemma-Sapotoxin-Kochsalzlösung getaucht, der Muskel und Controllnerv in 0,75%ige Kochsalzlösung gelegt. Die Erregbarkeit sinkt allmählig und 2 Stunden 10 Minuten nach dem Eintauchen erlischt die Erregbarkeit des Nerven vollkommen. Der zugehörige Muskel in der Kochsalzlösung und ebenso der Controllnerv und -Muskel waren noch mehrere Stunden gegen den faradischen Strom empfindlich.

Aus den Versuchen ist ersichtlich, dass das Agrostemma-Sapotoxin, welches den Muskel bei directem Contacte schon in 0,1%iger Lösung rasch schädigt, die Lebensfähigkeit der Nervenstämme erst in 0,5%iger Lösung entsprechend schnell aufhebt. Die Wirkung ist also auf den durch seine Scheiden wenig geschützten Muskel eine raschere und energische als auf den durch dicke Scheiden gut geschützten Nervenstamm. Die der Scheide entbehrenden Nervenenden werden natürlich viel eher abgetödtet werden als der Stamm.

4. Wirkung auf das isolirte Herz.

Die Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins wurde am Apparate von Williams geprüft. Die Canüle desselben war nach Maki und die Ventile nach Perles[1]) verbessert. Als Durchströmungsflüssigkeit diente bei Versuch 5 und 6 ein Gemisch aus 2 Theilen defibrinirten Blutes und 3 Theilen 0,75%iger Kochsalzlösung, bei Versuch 7 reines Pferdeserum. Mit diesen Flüssigkeiten durchströmte ich das Froschherz zunächst so lange, bis die Pulsfrequenz und das Pulsvolumen constant geworden waren. Dann wurde Agrostemma-Sapotoxin in concentrirter Lösung zur Durchströmungsflüssigkeit hinzugesetzt, welche stets 50 cc betrug.

Versuch 5. Es wird ein Froschherz in der von Williams angegebenen Weise präparirt und an den Apparat angebracht. In den nachstehenden Protokollen bedeutet T. die Zeit, P. die Anzahl der Pulse in der Minute, Q. die Menge des pro Minute gelieferten Blutes in Cubikcentimetern. Benutzt wurde Rinderblut.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
10 h. 39 m.	43	4,0	
40 m.	44	3,5	
41 m.	44	3,5	
42 m.	44	3,5	
44 m.	45	3,5	
45 m.	45	3,5	
46 m.	44	3,5	
47 m.	44	3,5	
48 m.	45	3,5	
50 m.			0,01 Agrostemma-Sapotoxin : 50 ccm Durchströmungsflüssigkeit.
51 m.	45	3,5	

[1]) Perles, Beiträge zur Kenntniss der Wirkungen des Solanins und Solanidins. Archiv für exp. Path. u. Pharm. Bd. **24**, 1889, p. 95.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
10 h. 52 m.	50	4,0	
53 m.	56	4,0	
54 m.	55	4,0	
55 m.	52	4,5	
56 m.	51	4,5	
57 m.	52	4,5	
59 m.	50	6,0	
12 h. 0 m.	50	5,5	
1 m.	51	5,5	Unregelmässige Pulsschläge: auf einige schnelle Schläge folgen mehrere langsame.
2 m.	53	5,5	
4 m.	53	5,5	
5 m.	53	6,0	
6 m.	53	6,0	
7 m.	52	6,0	
8 m.	52	6,0	
9 m.	50	6,0	
10 m.	58	5,0	
11 m.	58	5,0	
12 m.	56	5,5	
13 m.	56	5,5	Das Herz zieht sich unregelmässig zusammen: bisweilen bleibt es selbst in der Diastole ganz klein, dann wieder dehnt es sich gewaltig aus, um bald wieder von Neuem ein ganz kleines Klümpchen zu werden.
14 m.	58	6,0	
15 m.	58	6,0	
16 m.	36	3,0	
17 m.	36	3,0	
18 m.	36	3,0	Sehr starke Blutdurchlässigkeit des Herzfleisches, so dass das Herz „blutet“, was es vorher so gut wie nicht that.
19 m.	37	3,0	
20 m.	37	2,5	
21 m.	40	2,5	
23 m.	36	3,0	
24 m.	36	2,5	
25 m.	36	2,5	
26 m.	36	2,5	
27 m.	33	3,0	
28 m.	32	3,0	Noch immer besteht grosse Unregelmässigkeit der Pulsschläge; das Bluten dauert an.
29 m.	32	3,0	
30 m.	32	3,0	
31 m.	27	3,0	
32 m.	30	3,0	
33 m.	30	3,0	
34 m.	33	2,5	
35 m.	40	3,0	
36 m.	36	3,5	
37 m.	36	3,0	
38 m.	35	3,0	
39 m.	35	3,0	
40 m.	35	3,0	Da der Zustand des Herzens wieder ein constanter geworden ist, wird nochmals Gift zugesetzt.
43 m.	35	3,0	
44 m.			0,005 Agrostemma-Sapotoxin : 50 ccm Blutmischung.
45 m.	44	2,5	
47 m.	44	2,5	
48 m.	46	2,5	
49 m.	46	2,5	Wellenartige Peristaltik.
50 m.	49	2,0	Das Bluten hat nachgelassen.
51 m.	49	2,0	
52 m.	47	1,0	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
12 h. 53 m.	28	1,5	
54 m.	23	1,5	
55 m.	23	1.0	
56 m.	23	1,0	
57 m.	23	1,0	
58 m.	22	1,0	
59 m.	22	0,5	
1 h. 0 m.	0	0,0	

Das Herz schlägt nur noch mit der Spitze und mit dieser sehr schwach.

1 h. 20 m. Das Herz, welches ganz zu schlagen aufgehört hat, durchspülte ich mit normaler Blutmischung und liess diese 30 Minuten durchströmen.

1 h. 50 m. Es trat bisher keine Erholung des Herzens ein. Das Herz ist zwar nicht starr, schlägt aber nicht mehr.

Versuch 6. Die gleiche Versuchsanordnung.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
4 h. 2 m.	53	2,5	
3 m.	53	3,0	
4 m.	54	3,0	
5 m.	54	3,0	
6 m.	54	3,0	
7 m.	53	3,0	
8 m.	54	3,0	
9 m.	54	3,0	
10 m.	54	3,0	
11 m.	54	3,0	
13 m.	53	3,0	
14 m.	54	3,0	
15 m.			0,005 Gift : 50 ccm Blutmischung.
16 m.	58	3,0	
17 m.	59	3,5	
18 m	59	3,5	
19 m.	58	3,5	
20 m.	58	3,5	
21 m.	56	3,5	
22 m.	56	4,0	
23 m.	57	4,0	
24 m.	57	4,5	
25 m.	58	4,0	
26 m.	56	4,0	Starke Blutdurchlässigkeit des Herzfleisches.
27 m.	57	4,0	
28 m.	57	4,0	
29 m.	56	3,5	
30 m.	57	3,5	
31 m.	56	3,5	
32 m.	56	3,5	
33 m.	51	3,0	
34 m.	52	3,0	
35 m.	52	3,0	
36 m.	52	3,0	
37 m.	55	3,5	
38 m.	55	3,5	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
4 h. 39 m.	56	3,5	
40 m.	56	3,5	
41 m.	55	3,5	
42 m.	54	3,5	
43 m.			Noch 0,005 Gift : 50 ccm Blutmischung.
44 m.	53	3,0	
45 m.	53	3,0	
46 m.	52	3,0	Wellige Peristaltik.
47 m.	52	3,0	
48 m.	52	2,5	
49 m.	50	2,5	
50 m.	52	2,5	
51 m.	52	2,0	
52 m.	46	1,5	
53 m.	46	0,5	
54 m.	39	0,5	
55 m.	36	0	Kaum merkbare Schläge an der Spitze.
56 m.	36	0	
5 h. 10 m.	38	0	

5 h. 50 m. Das Herz schlägt noch spurweise an der Basis, die Spitze steht still.
5 h. 55 m. Das Herz wird mit normaler Blutmischung durchspült; es fängt wieder an zu schlagen.
6 h. 15 m. 36 P. 0 Q.
6 h. 16 m. 36 P. 0 Q.
Das Herz steht wieder still und pumpt nicht mehr.

Versuch 7. Pferdeserum. Anordnung ebenso.

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
1 h. 32 m.	38	8,0	
34 m.	38	6,0	
35 m.	38	5,5	
36 m.	38	5,5	
38 m.	39	7,0	
40 m.	39	7,0	
42 m.	39	7,0	
45 m.	39	7,0	
46 m.			0,001 Gift : 50 ccm Serum.
47 m.	35	7,0	
48 m.	37	7,0	
50 m.	37	7,0	
51 m.	37	7,0	
52 m.	37	7,0	
54 m.			Noch 0,001 Gift : 50 ccm Serum.
55 m.	37	7,0	Die Herzschläge werden nach Hinzugabe des Giftes stärker.
56 m.	37	7,0	
58 m.	37	7,0	
2 h. 0 m.	35	6,5	
5 m.	35	6,5	
6 m.	35	6,5	
8 m.	35	6,5	
10 m.	36	6,5	
11 m.	36	6,5	
13 m.	36	6,5	
14 m.	36	6,5	

T.	P.	Q.	Bemerkungen.
3 h. 20 m.	35	6,0	
21 m.	36	6,0	
22 m.	36	6,0	
23 m.	36	6,0	
24 m.			Noch 0,001 Gift : 50 ccm Serum.
25 m.	38	6,5	
26 m.	36	6,5	
27 m.	36	6,5	
28 m.	37	6,5	
29 m.	37	6,5	
30 m.	37	6,5	
31 m.			Noch 0,002 Gift : 50 ccm Serum.
32 m.	38	6,5	Nach jeder Giftzugabe Herzschläge kräftiger.
33 m.	37	6,5	
34 m.	38	6,5	
35 m.	37	6,5	
36 m.	37	6,5	
38 m.			Noch 0,001 Gift : 50 ccm Serum.
39 m.	38	7,0	
40 m.	38	7,0	
41 m.	38	7,0	
43 m.	38	7,0	
46 m.	38	7,0	
47 m.	38	7,0	
49 m.	37	7,0	
50 m.			Noch 0,002 Gift : 50 ccm Serum.
51 m.	39	7,5	
52 m.	39	7,5	
54 m.	38	6,5	
55 m.	38	6,0	
56 m.	38	7,0	
57 m.	39	7,5	
58 m.	39	7,5	
4 h. 0 m.	39	7,5	
1 m.	39	7,5	
5 m.	39	7,5	
10 m.	39	7,5	
11 m.			Noch 0,002 Gift : 50 ccm Serum.
12 m.	39	7,5	
13 m.	39	7,5	
16 m.	37	7,0	Herzschläge schwach, kaum merkbar.
20 m.	37	7,0	
21 m.	37	6,5	
23 m.	37	5,5	
27 m.	37	5,5	
28 m.	37	5,5	
29 m.	38	6,5	Herzschläge wieder stärker.
30 m.			Noch 0,001 Gift : 50 ccm Serum.
31 m.	38	6,5	
35 m.	38	6,5	
37 m.	38	6,0	
38 m.	20	3,0	
39 m.	21	3,0	
40 m.	20	2,5	
43 m.	20	2,0	
44 m.	20	2,0	
46 m.	20	1,0	
47 m.	10	0	Vorhöfe in diastolischem Stillstand.

Sehr bald steht auch die Kammer für immer still.

Diese Versuche zeigen, dass das Agrostemma-Sapotoxin in milligrammatischen Dosen reizend auf das Froschherz einwirkt. Diese Reizung spricht sich in einer Vermehrung der Pulsfrequenz und in einer Steigerung der Arbeitsleistung aus. Ganz dasselbe habe ich oben (S. 68) auch für das levantische Sapotoxin nachweisen können. Auf dieses erste Stadium folgt bei Dosen von etwa 10 mg auf 50 ccm Flüssigkeit ein zweites, in welchem die Herzthätigkeit unregelmässig wird und zwischen den Balken der Herzmusculatur sich klaffende Spalten bilden, durch welche der Herzinhalt tropfenweis aussickert. Endlich steht das Herz in Mittelstellung still, ohne starr zu sein, und kann manchmal durch Ausspülen mit unvergifteter Nährlösung wieder zum Schlagen gebracht werden.

Die Wirkung erinnert sehr an die des Quillaja-Sapotoxins, ist aber viel schwächer als diese, während von der Wirkung des levantischen Sapotoxins auch in der Intensität kaum ein Unterschied constatirt werden kann.

III. Wirkungen des Agrostemma-Sapotoxins auf das Blut.

Ueber die Technik der hierher gehörigen Versuche verweise ich auf die Angaben in Bd. **1** (p. 15 und 124) und **3** (p. 17) dieser Institutsarbeiten.

Das Agrostemma-Sapotoxin löst die rothen Blutkörperchen des Pflanzen- und Fleischfresserblutes in 1—2%igen Blutkochsalzgemischen noch bei einer Verdünnung von 1 : 15000 auf, wobei sich das Stroma in feinen Flocken ausscheidet und am Boden des Reagensglases absetzt. Wird Abrin, das doch bekanntlich ebenso wie Ricin [1]) sich gegen Blutkörperchen umgekehrt als die Saponinsubstanzen verhält, indem es die rothen Blutkörperchen zu einem Klumpen verklebt, zu einem 1—2%igen Blutkochsalzgemisch zugesetzt, so entsteht eine Fällung der rothen Blutkörperchen; wird jetzt auch noch Agrostemma-Sapotoxin zugesetzt, so wird das Hämoglobin der verklebten rothen Blutkörperchen trotzdem gelöst. Das Agrostemma-Sapotoxin hebt also die Abrinwirkung, was das Hämoglobin anlangt, auf.

Wird eine Auflösung von Abrin und Agrostemma-Sapotoxin in 0,75 % Kochsalz zu gleichen Theilen dem Blute hinzugegeben, so entsteht überhaupt keine Fällung, sondern Auflösung des Hämoglobins unter Ausscheidung des Stromas. Die Abringerinnung des Hämoglobins wird also durch unser Gift verhindert, während die Stromata nicht beeinflusst werden.

Wenn anstatt des 1%igen Blutes eine 1%ige Blutkörperchenlösung (also ohne Serum) genommen wird, so tritt die Auflösung durch Agrostemma-Sapotoxin noch bei einer Concentration von 1 : 38000 ein. Das Serum verhindert also die Auflösung.

---

[1]) Stillmark, diese Instituts-Arbeiten, Bd. **3**, 1889, p. 59. Die Arbeit des Herrn Hellin über Abrin wird in einem der nächsten Bändchen erscheinen.

Die Löslichkeit der rothen Blutkörperchen durch einige Saponinsubstanzen zeigt folgende Tabelle, welche die von mir auf S. 77 mitgetheilte noch wesentlich zu ergänzen im Stande ist.

Tabelle der Auflösung des 50—100fach mit 0,75%iger Kochsalzlösung verdünnten Rinderblutes durch einige Agentien.

Name der Substanz.	Völlige	Theilweise	Name des Beobachters.
	Auflösung der rothen Blutkörperchen erfolgt noch bei einer Concentration des Giftes		
Digitoneïn	1 : 100000	1 : 125000	Kruskal.
Digitonin	1 : 80000	1 : 100000	"
Yucca-Saponin	1 : 75000	1 : 100000	"
Smilacin amorph.	1 : 50000	1 : 70000	"
Smilacin cryst.	1 : 30000	1 : 35000	"
Agrostemma-Sapotoxin	1 : 15000	1 : 30000	"
Chloralhydrat	1 : 20	1 : 25	"

Aus dieser und der S. 77 mitgetheilten Tabelle ergiebt sich, dass das Agrostemma-Sapotoxin in seiner Lösungsfähigkeit für rothe Blutkörperchen zwischen levantischem Sapotoxin (1 : 20000) und Sapindus-Sapotoxin (1 : 14000) steht, mithin das Quillaja-Sapotoxin (1 : 10000) wenigstens in dieser Hinsicht an Intensität der Wirkung übertrifft. Cyclamin (1 : 100000), Digitoneïn (1 : 100000), Digitonin (1 : 80000), Yuccasaponin (1 : 75000), Herniaria-Saponin (1 : 40000) und die beiden Smilacine (1 : 50000 und 1 : 30000) übertreffen jedoch ihrerseits wieder das Agrostemma-Sapotoxin bei Weitem.

Erfolgt die Verdünnung des Blutes nicht in 0,75%iger Kochsalzlösung, sondern in 10%iger, so tritt die Auflösung der rothen Blutkörperchen viel schneller und energischer ein. Die Auflösung erfolgt dann noch bei einer Concentration des Agrostemma-Sapotoxins von 1 : 25000.

Katzenblut wird von unserem Gifte viel schneller als Pferde- oder Rinderblut gelöst; ebenso verhält es sich mit den von Serum befreiten Blutkörperchen.

Anhangsweise sei noch bemerkt, dass das Emetin, welches nach Rob. Farquharson[1]) die rothen Blutkörperchen energisch auflösen soll, gegen rothe Blutkörperchen nach meinen Versuchen sich ganz indifferent verhält. Dasselbe gilt vom Digitalin Schmiedeberg, welchem ebenfalls häufig eine Saponinwirkung auf Blutkörperchen zugeschrieben worden ist.

[1]) A guide to Therapeutics, III. edition. London 1883, p. 248.

IV. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins bei intravenöser Application.

Versuch 8. Es werden einer Katze von 2800 g in die V. jugularis 12 mg Agrostemma-Sapotoxin injicirt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **4,3 mg.**

IX. 3. 4 h. 30 m. Injection.
Gleich nach der Injection keinerlei Abweichungen vom normalen Verhalten des Thieres.
4. 9 h. 15 m. Starke Krämpfe und Zuckungen am ganzen Körper.
11 h. Seitenlage, Dyspnöe, Entleerung von blutigem Harn.
4 h. Tod, also nach **23 Stunden.**

Section: Harnblase ist, obwohl vollständig leer, ziemlich voluminös, und zwar deshalb, weil die Schleimhaut derselben durch ödematöse Schwellung um das Vielfache verdickt ist, so dass sie glasig erscheint. Unter den glasigen Schichten sitzen ausgedehnte Blutaustritte. Magen normal, Darm etwas röther als normal. In einem grossen Papillarmuskel des linken Ventrikels einige Ekchymosen.

Versuch 9. Einer schwangeren Katze von 3000 g wird in die V. jugularis 13 mg Agrostemma-Sapotoxin eingespritzt, d. h. pro Kilo Körpergewicht **4,1 mg.**

IX. 4. 5 h. 10 m. Injection.
7 h. Erbrechen und starker Durchfall, Zuckungen am ganzen Körper.

Das Thier starb in der Nacht, also nach ca. **8 Stunden.**

Vor dem Tode hatte es einen fast ausgetragenen Foetus geworfen.

Section: Grosse Blässe aller Organe, erklärlich durch die vorgerückte Schwangerschaft. Blase normal, Foeten ohne Veränderungen. Herz normal.

Versuch 10. Es wird einer Katze von 2500 g 2,5 mg Agrostemma-Sapotoxin in die V. jugularis injicirt, d. h. pro Kilo Thier **1 mg.**

IX. 6. 4 h. 20 m. Injection.
7 h. Starkes Erbrechen.
7. 9 h. Verweigert die Aufnahme von Nahrung.
11 h. Nausea, Erbrechen, das Erbrochene ist schaumig.
8. 11 h. Tod, nach vorhergegangenen Krämpfen, also nach **43 Stunden.**

Section: Blasenschleimhaut geröthet. Im Magen drei centimeterlange Geschwüre, welche die Schleimhaut durchsetzen und von gerötheten Zonen umgeben sind; daneben noch eine grosse Anzahl kleiner Geschwüre. Dünn- und Dickdarmschleimhaut mässig geröthet. Unter dem endocardialen Ueberzug des linken Ventrikels ein mässiger Blutaustritt.

Versuch 11. Katze von 3200 g erhält in die V. jugularis 2,5 mg Gift, d. h. pro Kilo Thier **0,78 mg.**

IX. 9. 11 h. 30 m. Injection.
10. Verweigert die Aufnahme von Nahrung. Matt und traurig.
12. Katze hat sich etwas erholt, nimmt wieder Nahrung.

Nachstehende Tabelle enthält eine Uebersicht über die minimalsten letalen Dosen sämmtlicher Substanzen, welche ich chemisch als Sapotoxine zu bezeichen mich für berechtigt halte. Sämmtliche Substanzen wurden intravenös Katzen in die Jugularvene gespritzt und die Dosis pro Kilo Thier umgerechnet und in Milligrammen ausgedrückt.

Nr.	Name der Sapotoxin-Substanz.	Dosis.	Autor.
1.	Quillaja-Sapotoxin	0,5	Pachorukow.
2.	Senega-Sapotoxin	5,0	Atlass.
3.	Levantisches Sapotoxin	2,0	Kruskal.
4.	Sapindus-Sapotoxin	46,7	Kruskal.
5.	Agrostemma-Sapotoxin	1,0	Kruskal.

Diese Tabelle ist äusserst lehrreich, denn sie zeigt uns, dass Substanzen, welche chemisch ganz gleiche Eigenschaften haben und bei der Elementaranalyse Zahlen lieferten, welche sich nur durch ein halbes oder ganzes Molekül Wasser, zum Theil sogar gar nicht unterscheiden, physiologisch, d. h. in der Intensität ihrer Wirkungen sehr verschieden verhalten, nämlich wie 1 : 2 : 4 : 10 : 93. Der Qualität nach sind bei genügend grossen Dosen die Symptome in vita und die pathologisch-anatomischen Veränderungen post mortem von einander nur wenig verschieden.

V. Wirkung des Kornradenmehls und des Agrostemma-Sapotoxins bei Einführung in den Magen.

Nach den Arbeiten von Kobert, Pachorukow, Atlass, Tufanow und nach meinen eigenen Versuchen über levantisches Sapotoxin, Sapindus-Sapotoxin und Chamälirin hätte man erwarten sollen, dass das Agrostemma-Sapotoxin vom Magen-Darmkanal aus gar nicht resorbirt, oder dass seine toxischen Eigenschaften vorher durch die Fermente des Darmkanals aufgehoben werden würden; dem ist aber nicht so. Die Resorption erfolgt vielmehr von den ersten Wegen aus recht schnell, und es treten dabei alle Symptome einer Sapotoxinvergiftung ein.

1. Bisherige Versuche.

Bevor ich zur Beschreibung meiner Versuche gehe, will ich die Versuche, die von anderen Autoren mit Agrostemma-Mehl und Agrostemma-Saponin an verschiedenen Thieren durch Einführung in den Magen gemacht wurden, hier anführen. Nur die Versuche von Malapert und Bonneau habe ich bereits S. 117 angeführt, ich will sie daher hier weglassen.

a) Versuche an Vögeln.

Der erste, welcher Kornrademehl zum Zweck pharmakologischer Studien per os applicirte, war Viborg[1]). Er stellte folgende Versuche an: Ein Rabe erhielt 32 g Rademehl in Pillen. Sofort trat Müdigkeit und Somnolenz ein. Nach 5 Stunden erfolgte unter Muskelzuckungen der Tod. Der Kropf war entzündet, die Gedärme injicirt. Ein anderer Rabe bekam 48 g Radepulver; er starb nach 1½ Stunden unter denselben Erscheinungen. Ein Hahn bekam 32 g Kornrademehl; es stellte sich Diarrhöe und grosse Mattigkeit ein, und nach 7 Stunden war er todt.

---

[1]) E. Viborg, Sammlung von Abhandlungen für Thierärzte und Oekonomen, Bd. 3, 1802, p. 162.

Rafn [1]) stellte ähnliche Versuche an und kam zu denselben Ergebnissen.

Pillwax und Miller [2]) verfütterten einen Hahn mit Brod aus Rademehl. Anfangs frass der Hahn das Brod ganz gern, hörte aber bald es zu nehmen auf. Am andern Tage wurde ihm wieder Radebrod vorgelegt; er verzehrte eine ziemlich grosse Portion, ohne dass dabei Krankheitserscheinungen auftraten. Am dritten Tage erhielt der Hahn 48 g Rademehl; er verzehrte davon einen grossen Theil. Spätere Gaben zeigten, dass der Hahn sich daran ganz gut gewöhnt hatte.

Mit den Agrostemma-Präparaten stellten H. Schulze und Scharling Versuche an.

Schulze [3]) tödtete durch 0,06 g des von ihm dargestellten Agrostemmins einen Kronentaucher in einigen Stunden.

Scharling [4]) stellte mit dem Githagin folgende Versuche an: ein Kanarienvogel bekam 0,2 g in 4 ccm Wasser gelöst. Er erbrach einen weissen Schaum, fiel zusammen und bebte heftig am ganzen Körper; am folgenden Tage war er todt. Eine Taube bekam 0,1 g Githagin in den Schnabel eingespritzt; sie verlor die Lust zum Fressen und litt an Zuckungen; nach weiterer Eingabe von 0,2 g starb sie binnen einigen Stunden.

b) Versuche an Hunden.

Nach Viborg wurde ein junger Pudel nach Beibringung von 64 g Kornradesamen unruhig und erbrach mehrere Mal. Hierauf folgte grosse Mattigkeit mit „starkem" Puls. Nach Verlauf von 8 Stunden trat Erholung ein.

Ein mit 88 g Kornrademehl vergifteter Hund zeigte nach Pillwax und Miller Unruhe, Erbrechen, Schlingbeschwerden, Mattigkeit, Abstumpfung und Betäubung, unter welcher er starb. Die Section ergab verschiedenartige, selbst croupöse Entzündung der Schleimhaut des Magens, Dünndarms, Dickdarms und Mastdarms, sowie des Kehlkopfs. Ferner Gehirnhyperämie und Hydrocephalus acutus internus.

Scharling gab zwei Hunden 0,2 g Githagin; sie zeigten schwache Brechbewegungen. Nach 0,6 g trat augenblickliches Erbrechen ein.

c) Versuche an Katzen.

Scharling spritzte 0,6 g Githagin in Wasser gelöst in den Mund einer Katze ein. Sie fing sogleich an zu schäumen und weissen Schleim hervorzubringen. Nach 6 Stunden bekam sie wieder 0,6 g Githagin; die Erscheinungen waren dieselben. Der Tod trat erst nach 8 Tagen ein.

Lehmann und Mori [5]) gaben einer Katze 1,2 g Kornrademehl

---

[1]) C. Rafn, Danmarks, og Holsteens Flora. Kjöbenhavn 1796—1800.

[2]) Pillwax und Miller, Vierteljahrsschrift f. wissenschaftliche Veterinärkunde (Wien), Bd. **11**, 1858, p. 20.

[3]) Schulze, Archiv für Pharmacie, zweite Reihe, Bd. **55**, 1848, p. 298.

[4]) Scharling, Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. **74**, 1850, p. 351.

[5]) Lehmann und Mori, Archiv für Hygiene, Bd. **9**, 1889, p. 257.

pro Kilo Thier mit Wurst ein; sie vertrug es ohne Schaden; nach 1,5 g pro Kilo entstand Erbrechen.

d) Versuche an Kaninchen.

Scharling brachte einem Kaninchen 0,6 g Githagin in die Mundhöhle. Das Thier bekam sogleich sehr heftige Zuckungen; das Blut strömte zur Nase heraus, und in 5 Minuten war das Thier todt.

Natanson [1]) gab einem Kaninchen 0,3 g Githagin; sogleich bekam das Thier heftige Krämpfe, Blutungen aus dem Munde, und nach Verlauf von 5 Minuten war das Thier todt. Ein anderes Kaninchen erhielt 0,26 g Githagin; es trat sogleich Schwäche ein, die Athmung wurde ganz schwach, und nach Verlauf von weniger als einer Stunde verschied das Thier unter heftigen Krämpfen. Ein drittes Kaninchen erhielt 0,2 g Githagin. Es traten dieselben Krankheitserscheinungen ein und nach 1 Stunde 45 Min. war das Thier todt. Die sehr wünschenswerthe Section wurde bei all diesen Thieren nicht vorgenommen.

Nach Lehmann und Mori ist das Kornrademehl für Kaninchen, ja überhaupt für Nagethiere, unwirksam. Dieser Annahme widerspricht wieder ein Versuch von Ulbrich [2]), der mit kornradehaltigem Mehle eine Vergiftung bei einem Kaninchen hervorbrachte. Lehmann und Mori gaben einem Kaninchen 7 Tage lang 6,1 g Mehl pro die und Kilo Thier, ohne dass dabei Krankheitserscheinungen eintraten.

e) Versuche an Ratten und Mäusen.

Nach Lehmann und Mori erhielt eine Ratte 7 Tage lang pro Kilo und pro die 15,5 g Mehl, eine andere pro Kilo und die 19,4 g ohne pathologische Erscheinungen. Eine Maus lebte 20 Tage nur vom Brod, das mit 20 % Radezusatz gebacken war. Das Thier war dabei ganz wohl.

f) Versuche an Pferden.

Ein Versuchspferd erhielt von Pillwax und Miller 120 g Rademehl und am Tage darauf 360 g als Radebrod. Am nächsten Tage zeigte es Appetitlosigkeit, Schlingbeschwerden, Traurigkeit und Betäubung, indem es z. B. wie ein dummkolleriges Pferd das Futter im Munde behielt, ohne zu kauen. Am Tage darauf hatte es sich aber erholt.

Contamine [3]) beobachtete bei zwei jungen Pferden nach Aufnahme von Raden starkes Speicheln, Zähneknirschen, Kolik, Kollern im Leibe, übelriechende Diarrhöe, Zittern und Steifigkeit.

Nach Dechet [4]) starb ein Pferd, welches mit dem Hafer grosse

---

[1]) Natanson, l. c., p. 13.

[2]) Citirt nach König, Untersuchung von Nahrungsmitteln; Originalarbeit mir unbekannt.

[3]) Contamine, Intoxication par la nielle des blés. Annales de médecine vétérinaire (Bruxelles), 1885, p. 316.

[4]) Dechet, Deux cas d'empoisonnement de chevaux par la nielle. Revue vétérinaire (Toulouse), 1886, p. 141.

Mengen Kornrade aufgenommen hatte, unter den Erscheinungen der „dumpfen Kolik“, sowie grosser zunehmender Schwäche.

g) Versuche an Ziegen.

Nach Ulrich[1]) starb eine Ziege nach dreiwöchentlicher täglicher Verfütterung von 300—500 g Raden neben Heu. Die Section ergab starke Darmentzündung sowie Exsudation im Rückenmarkskanal.

Ebenso berichtet der vorhin genannte Ulbrich einen Fall, wo eine Ziege nach dem Genuss von Raden gestorben ist.

h) Versuche an Schweinen.

Ein 7 Kilo schweres Versuchsschwein starb nach Ulrich nach täglicher Verfütterung von 20—100 g Raden neben anderem Futter nach 14 Tagen. Ein anderes 9 Kilo schweres Schwein verzehrte allmählig bis 350 g Raden, blieb aber gesund.

Haubner[2]) schreibt, dass Kornrade namentlich den Schweinen sehr gefährlich ist, während Viborg erzählt, dass ein schwedischer Landmann im Jahre 1794 einige Tonnen Radesamen zur Schweinefütterung sammelte und ohne besonderen Schaden verwendete.

Nach v. Tormay[3]) erkranken die Schweine erst, wenn 25 % ihres Futters aus Radesamen besteht. Osswald[4]) hinwiederum berichtet, dass in der Provinz Sachsen mehrfach Sterbefälle bei Schweinen vorgekommen sind, welche Kleie erhalten hatten, die stark mit Kornrade vermengt war. Blumhof[5]) sah Schweine nach Genuss von radehaltigem Brode erkranken. Cornevin[6]) endlich meint, dass Schweine aus dem Grunde die Raden besser als andere Hausthiere vertragen, weil bei ihnen starkes Erbrechen eintritt.

i) Versuche an Kälbern und Rindern.

Im Jahre 1874 erkrankten plötzlich bei einem Viehcommissionär aufgestellte Saugkälber; mehrere starben, andere in geringerem Masse erkrankte konnten noch rechtzeitig geschlachtet werden. Es stellte sich heraus, dass die Kälber mit stark radehaltigem Mehle gefüttert waren. Nach nachher vorgenommener quantitativer Untersuchung enthielt das Mehl, welches den Tod der Kälber hervorrief, 45 %, das der nur erkrankten 30 % Raden. Die Untersuchung der Kälber ergab heftige Magen-Darmentzündung. Dieses veranlasste Tabourin[7]) zu Experimenten. Diese ergaben, dass ein Saugkalb, welches mit 247 g Radepulver und 303 g Mehl gefüttert wurde, in 22 Stunden, und ein

---

[1]) Ulrich, Badische Mittheilungen 1882.

[2]) Haubner, Die Gesundheitspflege der landwirthschaftlichen Haussäugethiere, 1881, p. 504.

[3]) v. Tormay, Archiv für Hygiene, Bd. 2, p. 368.

[4]) Der Thierarzt, Bd. **17**, 1878, Nr. 10, p. 225.

[5]) Whistling, Oekonomische Pflanzenkunde, Bd. **4**, 1807, p. 44.

[6]) Cornevin, Des plantes vénéneuses. Paris 1887, p. 248.

[7]) Recueil vétér. 1876, p. 1218; Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie (Lyon), 3. Série, 1877, Bd. **2**, p. 72; Deutsche Zeitschrift für Thiermedicin und vergleichende Pathologie, Bd. **3**, 1877, p. 220.

zweites, das 275 g Radenpulver und 275 g Mehl erhielt, in 18 Stunden zu Grunde ging. Pro Kilo Thier war 6—7 g gegeben. Ein drittes Kalb, das 165 g Raden und 385 g Mehl, also 4 g pro Kilo Thier erhielt, wurde zwar krank, erholte sich aber nach einigen Tagen.

Nach v. Tormay vertrug ein junges Rind von 222 kg, das 6 kg Trockenfutter pro die verzehrte, den Ersatz von 750 g Futter (12,5 %) durch Raden noch ohne Schaden, resp. 3,4 g Raden pro Tag und Kilo Thier; dagegen erkrankte es, wenn es in 6 kg Trockenfutter 1500 g (25 %) Raden, d. h. 7 g pro die und Kilo Thier erhielt, an Dyspepsie unter Gewichtsabnahme.

Koppitz [1]) berichtet, dass zwei Thiere, eine Kuh und ein Saugkalb, die mit dem Futter auch Raden bekommen haben, sehr aufgeregt und unruhig wurden, wie dies bei der Kolik beobachtet wird. Ausserdem bekamen sie Durchfall, die Pupille erweiterte sich und an den Schulter- und Oberarmmuskeln konnte ein continuirliches Zittern wahrgenommen werden. Im Ganzen bekamen die Thiere 2500 g Raden.

Haubner schreibt, dass die Kornradesamen namentlich für Kleinvieh sehr gefährlich und oft von tödtlicher Wirkung sind. Bei Kühen wurde Lähmung des Hintertheils beobachtet.

2. Eigene Versuche.

Nachdem ich alle Versuche, die in der Litteratur durch Eingabe von Kornradesamen oder deren Saponinsubstanz per os verzeichnet sind, aufgeführt habe, will ich zu meinen eigenen Versuchen, die ich an Hähnen, Katzen und Kaninchen ausgeführt habe, übergehen.

a) Versuche an Hähnen.

Versuch 12. Ein alter Hahn von 1200 g bekam 25 g Agrostemma-Mehl zu Pillen verarbeitet binnen 2 Tagen, d. h. pro Kilo Thier **21 g.**

Schon am ersten Tage trat einige Stunden nach Verabreichung von 15 g Mehl heftiger Durchfall ein. Ausser einer unangenehmen Geschmacksempfindung, welche man aus den Schluckbewegungen, wie aus dem öfteren Abwischen des Schnabels an den Federn ersehen konnte, trat dann noch Mattigkeit und Appetitlosigkeit ein. Am zweiten Tage floss aus dem Munde beständig Speichel, während zu gleicher Zeit heftiger, scheinbar unwillkürlicher Durchfall bestand. Am dritten Tage war der Hahn todt.

Section: Schon beim Abziehen der Haut in der Gegend des Halses fällt ein reichliches gelbes Oedem auf, welches aber nicht flüssig, sondern durch Fibringerinnung gallertartig ist. Dasselbe umgiebt den Kropf in seiner ganzen Ausdehnung. Die Wandung des Kropfes zeigt schon von Aussen zahlreiche Blutaustritte, welche in Gruppen beisammen stehen und offenbar einzelnen Gefässgebieten entsprechen. Innen ist der Kropf mit Mehlbrei prall angefüllt und zeigt an einzelnen Stellen die Schleimhaut fetzenweise abgelöst. Die Blutungen sind von Aussen deutlicher sichtbar als von Innen. Vormagen und Magen nicht verändert. Dünndarm zeigt eine lebhafte Injection, jedoch ist die Schleimhaut ohne deutliche Blutaustritte. Dagegen finden sich in dem einen der beiden Blinddärme einige linsenförmige Blutaustritte. Dickdarmschleimhaut fleckenweis geröthet. Herz, Leber etc. ohne Veränderung.

Versuch 13. Hahn von 2000 g bekommt täglich 30 g Pulver in Pillen. Die Fütterung dauert 1½ Tage, so dass er also im Ganzen 45 g, d. h. pro Kilo Körpergewicht **22,5 g** erhält.

---

[1]) Monatsschrift des Vereins der Thierärzte in Oesterreich. Wien 1879, p. 182.

Der Tod tritt am dritten Tage ein. Vor dem Tode ganz dieselben Erscheinungen wie beim vorigen Versuche. Kann am letzten Tage kaum noch auf den Beinen stehen, so dass er beim kleinsten Stoss umfällt. Das Erbrochene ist schleimig. Kurz vor dem Tode starke Krämpfe.

Section: Die Schleimhaut des Mundes, Kropfes und Vormagens in kleinen Fetzen abgelöst und zwar viel stärker als beim vorigen Hahn. Ebenso ist die Injection des Darms viel stärker.

Versuch 14. Hahn von 1200 g erhält in Pillenform 5 g Rademehl täglich. Fütterung 9 Tage lang, so dass er also 45 g Mehl im Ganzen erhält, d. h. pro Kilo Thier **37,5 g.**

IX. 24. Beginn der Eingabe.
25. Nausea, Durchfall.
26. Sehr starker Durchfall, Erbrechen.
IX. 27. bis X. 1. Sehr starker, unwillkürlicher Durchfall, Mattigkeit, Schwäche, Abmagerung.
X. 2. Vor dem Tode starke Krämpfe.

Section: Schleimhaut der Mundhöhle, des Oesophagus und Kropfes in grossen Fetzen nekrotisch abgelöst, ohne dass jedoch in der darunter sitzenden Submucosa und Muscularis starke Blutungen zustande gekommen wären, nur ist das Gewebe stark ödematös durchfeuchtet. Die Spitze der Zunge erscheint in grosser Ausdehnung völlig abgestorben. Der Vormagen von Galle grünlich verfärbt, jedoch ohne Zerstörung seiner Schleimhaut; der Magen vollgefüllt mit Futter, welches durch Galle grün gefärbt ist. Im Dünndarm einzelne Stellen mehr hyperämisch als gewöhnlich.

Diese Versuche zeigen, dass Dosen von 21—37 g Rademehl, welche einer Sapotoxinmenge von 1,26—2,22 g entsprechen, auf Hähne bei stomachaler Application tödtlich wirken, selbst wenn die Darreichung refracta dosi geschieht. Der Sectionsbefund zeigt, dass es sich um eine locale Wirkung auf die Schleimhaut des Verdauungstractus handelt, welche als entzündliche Reizung, ja als wahre Gangrän bezeichnet werden muss und an die durch Sphacelinsäure hervorgerufene erinnert.

b) Versuche an Kaninchen.

Versuch 15. Einem Kaninchen von 1600 g werden 10 Tage lang je 15 g Mehl mit Wasser angerührt in den Magen durch eine Sonde eingeführt. Im Ganzen 150 g Mehl, pro Kilo Thier **93,8 g.**

Es traten weder sofort noch nach mehreren Tagen irgend welche Krankheitserscheinungen ein. Das Thier fühlte sich vielmehr immer ganz wohl.

Kaninchen sind also, wie auch Lehmann und Mori betonen, gegen die Kornradevergiftung ausserordentlich unempfindlich, falls sie nicht allzulange dauert.

c) Versuche an Ratten.

An diesen Thieren habe ich selbst zwar keine Versuche gemacht, wohl aber hat Prof. Kobert schon früher solche angestellt. Diese ergaben, dass die weisse und graue Varietät der Wanderratte, sowie auch die (hier in Dorpat bekanntlich noch nicht ausgestorbene) Hausratte die Fütterung von Rademehl vermischt mit Carne-pura-Pulver zu gleichen Theilen, wobei die Thiere soviel vom Gemisch fressen konnten, als sie wollten, mehrere Wochen lang aushält. Wurde aber der Versuch länger als einen Monat fortgesetzt, so trat doch Erkrankung des Magen-Darmkanals ein und keins der Thiere überlebte

den dritten Monat. Die weissen starben schon im zweiten Monat. Die Erkrankungssymptome bestanden in Appetitlosigkeit und Durchfall. Die Section ergab nur geringfügige Röthung an einzelnen Stellen des Magen-Darmrohrs.

Damit ist bewiesen, dass die Ratten zwar sehr unempfindlich gegen das Kornradegift sind, aber schliesslich ihm doch erliegen.

d) Versuche an Katzen.

Versuch 16. Eine Katze von 3000 g erhält durch die Schlundsonde 25 g eines alkoholischen Auszuges von 25 g Kornrademehl, natürlich nach dem Verdunsten des Alkohols, d. h. pro Kilo das Wirksame aus **8 g** Mehl. Zehn Minuten nach der Application starkes Erbrechen. Nach dem Erbrechen ist die Katze wieder ganz wohl und munter.

Versuch 17. Eine kleine Katze von 1200 g erhält 4 Tage lang je 10 g Mehl mit Wasser angerührt durch eine Sonde in den Magen, im Ganzen pro Kilo Thier **33 g** Mehl. Nach dem Einführen erbricht die Katze; weitere krankhafte Erscheinungen treten nicht ein.

Schon diese zwei Versuche genügen, um zu zeigen, dass auf diese Weise eine schwerere Vergiftung überhaupt nicht zu erzielen sein wird. Um das Erbrechen zu verhindern, wurde daher bei den folgenden Versuchen, nachdem die Substanz eingeführt worden war, die Speiseröhre der Thiere unterbunden.

Versuch 18. Katze von 2600 g erhält durch eine Sonde einen Auszug aus 50 g Mehl, d. h. pro Kilo Thier das Wirksame aus **19,3 g** Mehl. Nach dem Einführen der Flüssigkeit wird die Speiseröhre unterbunden.

10 h. Vergiftung.
10 h. 30 m. Weisser Schaum aus dem Munde, starke Brechbewegungen.
11 h. Die Hinterbeine gelähmt, Seitenlage, Zuckungen des Kopfes und starke Krämpfe.
3 h. Tod, also nach **5 Stunden.**

Section: Alles normal, auch Magen und Darm. Der Magen gefüllt mit der injicirten Flüssigkeit; resorbirt ist nur ein kleiner Theil. Der Magen bedeckt mit einer zähen Schleimschicht, aber frei von Blutungen.

Versuch 19. Katze von 1500 g erhält einen Auszug aus 10 g Mehl, d. h. pro Kilo Thier das Wirksame aus **6,7 g** Mehl. Speiseröhre unterbunden.

10 h. 30 m. Vergiftung.
1 h. Krämpfe.
5 h. 30 m. Seitenlage und Krämpfe.
6 h. 45 m. Tod, also nach **8 Stunden.**

Section: Alles normal. Im rechten Herzohr einige alte Gerinnsel, die theilweise entfärbt sind.

Versuch 20. Katze von 2000 g erhält 8 g Mehl mit Wasser angerührt, d. h. pro Kilo Thier **4 g** Mehl. Speiseröhre unterbunden.

4 h. 30 m. Vergiftung.
7 h. Starke Krämpfe.
12 h. Tod, also nach **8 Stunden.**

Section: Im Herzen, namentlich in der linken Kammer, aber auch in der rechten unter dem Endocard zahlreiche Blutungen, welche aber nicht in die Tiefe gehen. Im Magen befinden sich noch lebende Ascariden. Schleimhaut des Magen-Darmtractus normal.

Versuch 21. Katze von 2300 g erhält durch die Magensonde 6 g Mehl mit Wasser angerührt, d. h. pro Kilo Thier **2,6 g** Mehl. Speiseröhre unterbunden.

10 h. 50 m. Vergiftung.
7 h. Durchfall und Krämpfe.
12 h. Tod, also nach ca. **14 Stunden.**

Section: Schleimhaut der Speiseröhre in der unteren Hälfte, ebenso die des Magens geröthet, aber frei von Blutaustritten. Schleimhaut des Dünn- und Dickdarms blass. Darminhalt dünnflüssiger als normal. Herz zeigt unter dem Endocard des linken und rechten Ventrikels, namentlich aber links, zahlreiche Blutaustritte, welche sich bis in den Vorhof hin erstrecken. In der Lunge mehrere angeschoppte Heerde von Nussgrösse.

Aus diesen Versuchen ersieht man, dass Katzen, bei denen das Erbrechen unmöglich gemacht ist, schon an Kornrademengen, welche 0,16 g Sapotoxin pro Kilo Thier entsprechen, schnell zu Grunde gehen. Diese Thiere sind also im Gegensatz zu Kaninchen nicht immun. Es fehlte mir an Versuchsthieren, um diese Versuche auch auf andere Thierspecies auszudehnen, aber ich glaube vermuthen zu dürfen, dass alle Pflanzenfresser sich, falls die Fütterung nicht zu lange dauert, als relativ immun, alle Fleischfresser aber sich empfindlich für unser Gift erweisen werden. Gegen die übrigen Saponinsubstanzen scheinen die Fleischfresser weniger empfindlich zu sein, obwohl zu dieser Behauptung wohl noch weitere Versuche mit allen Substanzen unserer Gruppe an Thieren mit unterbundenem Oesophagus wünschenswerth wären. Omnivore Individuen, wie das Huhn, das Schwein und der Mensch, scheinen in der Mitte zu stehen und kleine Dosen allenfalls zu ertragen, an grossen aber zu Grunde zu gehen.

VI. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins bei subcutaner Application.

1. Bei Kaltblütern.

Versuch 22. Zwei Fröschen von mittlerer Grösse wurden dem einen 10 mg, dem andern 8 mg Agrostemma-Sapotoxin unter die Haut gespritzt. Nach 2 Tagen erträgt der erstere die Rückenlage; seine Reflexerregbarkeit ist in jeder Beziehung etwas gesunken, indem die durch Hautreize hervorgerufenen Bewegungen schwächer als vor der Injection ausfallen. Nach einigen Tagen erholte sich der Frosch. Beim zweiten traten überhaupt keine Krankheitserscheinungen ein.

Die Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf die Reflexerregbarkeit untersuchte ich nach der Methode von Türck-Setschenow[1]. Um diese Versuche auszuführen, wurde ganz wie in den S. 54 beschriebenen Versuchen mittelst 1%iger Salzsäure anfangs festgestellt, nach wie viel Schlägen des Metronoms der Frosch jede von beiden Extremitäten aus der Salzsäure zieht. Dann wurde, nachdem unter die Haut einer hinteren Extremität Agrostemma-Sapotoxinlösung gebracht worden war, der Unterschied in der Zeit zwischen dem Herausziehen des intacten und des vergifteten Fusses festgestellt.

---

[1]) Setschenow, Beiträge zur zukünftigen Physiologie des Alkoholrausches. Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1860, p. 58. Vergl. auch oben S. 53 und 59.

Versuch 23. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 3 Schlägen	linken Beine nach 4 Schlägen
„ „ „ 4 „	„ „ „ 4 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 4 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
0,003 Gift werden unter die Haut der Wade gebracht und wirken 5 Minuten ein. Dann	
nach 8 Schlägen	„ „ „ 3 „
„ 7 „	„ „ „ 5 „
„ 12 „	„ „ „ 5 „
„ 18 „	„ „ „ 5 „
„ 18 „	„ „ „ 4 „
„ 56 „	„ „ „ 6 „
„ 70 „	„ „ „ 6 „ etc.
Zieht bei 100 Schlägen das Bein nicht mehr aus der HCl heraus. Kann das Bein kaum spontan bewegen, auf electrische Reize, selbst bei übereinandergeschlagenen Rollen, reagirt dasselbe sehr schwach.	Das linke Bein reagirt schon bei 120 mm RA.

Versuch 24. Die gleiche Versuchsanordnung. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 4 Schlägen	linken Beine nach 3 Schlägen
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 3 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 5 „	„ „ „ 4 „
„ „ „ 5 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 4 „	„ „ „ 3 „
„ „ „ 4 „	„ „ „ 3 „
	0,001 Agrostemma-Sapotoxin wird in den Unterschenkel injicirt und das Gift wirkt 5 Minuten ein. Dann
„ „ „ 5 „	nach 10 Schlägen
„ „ „ 5 „	„ 13 „
„ „ „ 6 „	„ 18 „
„ „ „ 8 „	„ 25 „
„ „ „ 6 „	„ 70 „
„ „ „ 6 „	„ 75 „
„ „ „ 7 „	„ 76 „
„ „ „ 6 „	Bei electrischer Untersuchung reagirt das Bein auf schwache Ströme noch ziemlich stark. Am folgenden Tage reagirt es auf die stärksten Ströme sehr schwach.

Der Versuch wird am zweiten Tage mit demselben Frosche fortgesetzt. Die Zuckung erfolgt beim

rechten Beine nach 12 Schlägen	linken Beine selbst nach 100 Schlägen nicht.
„ „ „ 13 „	
„ „ „ 12 „	
„ „ „ 8 „	
„ „ „ 10 „	

Diese Versuche zeigen, dass das Agrostemma-Sapotoxin in ganz analoger Weise wirkt, wie ich dies S. 55 für das levantische Sapotoxin dargethan habe: bei Einspritzung unter die Haut des Schenkels stirbt dieser selbst nach milligrammatischen Dosen ab, indem zunächst die Sensibilität, später auch die Motilität verloren geht. Bei Einspritzung unter die Rückenhaut ist die Wirkung dagegen äusserst minimal, ja oft gleich Null.

Versuch 25. Einer Kreuzotter von 37 g Körpergewicht wird unter die Haut 50 mg Agrostemma-Sapotoxin injicirt, d. h. pro Kilo Schlange **1351 mg.**

Nach der Injection krümmt sich die Schlange, hält den Mund aufgesperrt.

15 Stunden nach der Injection ist sie vollständig gelähmt und 27 Stunden nach der Injection tritt der Tod ein.

Die Section ergiebt keine Veränderung.

Der Versuch zeigt, dass selbst bei einer ganz enorm grossen Dose der Tod nur sehr langsam eintritt. Mithin scheint auch für Schlangen der schon für Frösche bewiesene Satz zu gelten, dass sie gegen Subcutaneinspritzungen unseres Giftes wenig empfindlich sind.

2. Bei Warmblütern.

Wie aus den Versuchen mit Application des Agrostemma-Sapotoxins per os bei Katzen hervorgeht, wird unser Gift bei diesen Thieren vom Magen-Darmkanal aus im Gegensatz zu andern Saponinsubstanzen sehr leicht resorbirt; dem entsprechend unterscheidet sich das Agrostemma-Sapotoxin von den andern Saponinsubstanzen, auch bei Subcutanapplication, indem es bei Katzen keine localen Erscheinungen hervorruft, sondern resorbirt wird. Ja selbst Nagethiere, die bei Eingabe per os nach den Versuchen von Lehmann und Mori und von mir vollständig gesund bleiben, sterben bei Subcutanapplication.

Versuch 26. Einem kleinen Hasen von 500 g werden 20 mg Agrostemma-Sapotoxin unter die Haut gespritzt, d. h. pro Kilo Thier **40 mg.**

IX. 4. Injection.

5. Das Thier sitzt traurig und nimmt keine Nahrung. Am Abend desselben Tages erfolgt der Tod.

Section: Unter der Hautdecke an den abhängenden Stellen des Körpers eine Ansammlung von wässrigem ödemähnlichen Fluidum. Die Einstichstelle mit Sicherheit nicht nachweisbar. Eiter ist nirgends vorhanden. In der Bauchhöhle sehr geringe Mengen desselben Fluidums, welches die Därme und das Bauchfell glänzend hell erscheinen lässt. Entzündliche Stellen nirgends wahrnehmbar. Einige Blutungen in der linken Kammer unter dem Endocard, ebenso auch einige im rechten Ventrikel. Nieren normal.

Versuch 27. Einem Hasen von 600 g wird subcutan 12 mg Agrostemma-Sapotoxin eingespritzt, d. h. pro Kilo Thier **20 mg.**

Der Tod tritt nach drei Tagen ein.

Section: Unter der Bauchhaut starke Blutaustritte. Die oberflächlich gelegenen Stellen des Dünn- und Blinddarms von Aussen röthlich-schwarz verfärbt. Beim Aufschneiden zeigt sich die Schleimhaut von zahlreichen, stecknadelkopfgrossen Blutungen durchsetzt. Die den Bauchdecken anliegende Stelle des Blinddarms sieht auf der Innenseite schwarz aus und lässt eine zum Theil nekrotisirte und stark ödematös verdickte Schleimhaut erkennen. Im rechten Ventrikel in der Klappe zum Vorhof hin mehrere Blutaustritte. Nieren intact.

Versuch 28. Hase von 500 g erhält subcutan 5 mg Agrostemma-Sapotoxin, d. h. pro Kilo Thier **10 mg.**

Tod nach 2 Tagen.

Section: In der Bauchhöhle findet sich eine wässerige Flüssigkeit. Im rechten Ventrikel namentlich nach oben hin, d. h. zum Vorhof zu, mehrere Blutaustritte. Darm etwas injicirt. Nieren ohne Veränderung.

Versuch 29. Eine weisse Ratte von 100 g erhält subcutan 2 mg Gift, d. h. pro Kilo Thier **20 mg.**

IX. 19. 11 h. Injection.

3 h. Dyspnoë, Krämpfe.

IX. 20. Häufig Anfälle von starken Krämpfen.
21. Ratte so schwach, dass sie kaum ihr Gleichgewicht halten kann.
22. Somnolenz; Thier lässt sich durch Klopfen an der Glocke im Schlafe nicht stören.
23. Seitenlage, Dyspnoë.
23. 6 h. Tod.

Section: Herz schlaff, mit Blutgerinnseln prall gefüllt. An der Injectionsstelle keine Eiterung bemerkbar. Alle Organe normal.

Versuch 30. Einem weissen Kaninchen von 1600 g werden 10 mg Agrostemma-Sapotoxin unter die Haut gespritzt, d. h. pro Kilo Thier **6,2 mg.**

Gleich nach der Injection ist das Kaninchen ganz munter, nach 2 Tagen verweigert es die Aufnahme von Nahrung. Das Thier wird jetzt aus andern Gründen geschlachtet.

Section: Blutungen im Herzen unter dem Endocard der linken Kammer. Darm ganz normal. Nieren intact. Injectionsstelle nicht nachweisbar.

Diese Versuche zeigen, dass sich das Agrostemma-Sapotoxin bei subcutaner Injection an Herbivoren und Carnivoren in seiner Wirkung von der der Quillajasäure, des Quillaja-Sapotoxins, des levantischen Sapotoxins, des Sapindus-Sapotoxins, des Senegins und des Cyclamins sehr wesentlich unterscheidet. Während nämlich alle diese Saponinsubstanzen nicht zur Resorption kommen, sondern Nekrose oder Eiterung erregen, wird das Agrostemma-Sapotoxin ohne Eiterung zu machen, schnell resorbirt und bedingt schwere Allgemeinerscheinungen, die sich von denen nach intravenöser Application nicht unterscheiden.

VII. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf den Blutdruck.

Versuch 31. Eine Katze von 3000 g wird aufgebunden, rechts die Carotis communis und links die Vena jugularis blossgelegt, die erste mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzt und in die zweite eine Injectionscanüle befestigt. Das Thier wird nun tracheotomirt, künstliche Athmung eingeleitet und von Zeit zu Zeit Agrostemma-Sapotoxin intravenös eingespritzt. T. bedeutet die Zeit, Bd. den Blutdruck, P. die Pulsfrequenz pro Minute und R. die Respiration. Die zur Injection benutzte Giftlösung war einprocentig.

T.	Bd.	P.	R.	Bemerkungen.
10 h. 23 m.	140—160	168	34	
24 m.	140—160	166		
25 m.	140—160	166		
26 m.	140—160	168		
27 m.				Injection von 13 mg Gift.
28 m.	140—160	168	34	
29 m.	140—160	168	34	
30 m.	140—160	168		
31 m.	140—160	176	32	
32 m.	160—170	176		

T.	Bd.	P.	R.	Bemerkungen.
10 h. 33 m.	160—170	176		
33 m.	160—170	180		
34 m.	160—170	178	32	
35 m.	160—170	180		
36 m.	160—170	184	32	
37 m.	160—180	188	33	
38 m.				Injection von 13 mg Gift.
39 m.	160—170	186	33	
40 m.	170—180	196		
41 m.	170—180	196		
42 m.	160—180	176	33	
43 m.	150—160	176	34	
44 m.	160—170	192	36	
45 m.	160—170	220	36	
46 m.	160—180	192	36	
47 m.	160—170	192		
48 m.	160—170	192		
49 m.				Injection von 13 mg Gift.
50 m.	160—170	180	35	
51 m.	160—170	172		
52 m.	160—170	156	36	
53 m.	170—180	144		
54 m.	160—170	164		
55 m.	160—170	160	35	
56 m.	160—170	160	35	
57 m.	160—170	160		
58 m.	160—170	158	36	
59 m.				Injection von 13 mg Gift.
11 h. 0 m.	180—200	184	38	
1 m.	180—200	180		
2 m.	180—190	170		
3 m.	190—200	120		
4 m.	150—160	138	38	
5 m.	160—170	130		
6 m.	150—170	124		
7 m.	150—170	144		
8 m.	150—170	162		
9 m.	160—180	160	44	
10 m.	160—170	156		
11 m.	150—160	136		
12 m.	160—170	132		
13 m.	160—170	136		
14 m.	170—180	136	38	
15 m.				Injection von 13 mg Gift.
16 m.	190—200	106	46	
17 m.	160—170	112		
18 m.	150—160	128		
19 m.	150—160	126	46	
20 m.	140—160	126	46	
21 m.	140—160	144		
22 m.	140—160	138	45	
23 m.	140—160	136		
24 m.	150—160	170		
25 m.	150—160	172	42	
26 m.				Injection von 13 mg Gift.
27 m.	180—190	152	44	
28 m.	150—170	144		
29 m.	150—170	150		
30 m.	160—170	150	44	

T.	Bd.	P.	R.	Bemerkungen.
11 h. 31 m.	140—150	154		
32 m.	140—150	156		
33 m.	140—150	148	40	
34 m.	150—160	148		
35 m.	150—160	136		
36 m.	150—160	156		
37 m.	150—160	160	42	
38 m.				Injection von 13 mg Gift.
39 m.	160—170	130		
40 m.	160—170	130		
41 m.	140—150	132	44	
42 m.	140—160	124		
43 m.	130—140	120		
44 m.	140—150	136		
45 m.	140—150	164	44	
46 m.	130—140	144		
47 m.	120—140	172	46	
48 m.	140—150	144		
49 m.	140—150	144		
50 m.	150—160	144		
51 m.	150—160	150	44	
52 m.	150—160	140		
53 m.	130—140	148		
54 m.	130—140	150	46	
55 m.				Injection von 13 mg Gift.
56 m.	160—170		68	
57 m.	160—170			
58 m.	160—170	130	66	
59 m.	140—150	110	64	
12 h. 0 m.	140—150	110		
1 m.	140—150	108		
2 m.	130—140	120		
3 m.	140—150	120		
4 m.	140—150	140	62	
5 m.	140—150	150		
6 m.	130—140	150		
7 m.	130—140	148		
8 m.	130—140	146		
9 m.	140—150	150	64	
10 m.	140—150	148	64	
11 m.	130—140	140		
12 m.	140—150	140		
18 m.	130—140	140		Lässt blutigen Harn.
1 h. 45 m.	130—140	146	20	
2 h. 10 m.	120—130	120		
11 m.	120—130	120	54	
15 m.	130—140	130	50	
30 m.	65	120	54	Lässt wieder blutigen Harn.

Versuch abgebrochen. Dauer desselben 4 Stunden. Im Ganzen erhielt die Katze 91 mg Agrostemma-Sapotoxin, d. h. pro Kilo **30 mg.**

Die Katze wird entblutet.

Section: Darm überaus blass, ebenso die Harnblase, welche reichliche Mengen blutigen Harns enthält, derselbe ist jedoch lackfarbig. Magen auch blass. In der linken Herzkammer, unter dem Endocard zahlreiche Blutaustritte, welche zum Theil 1 mm tief in die Muskelsubstanz eindringen und fast die ganze innere Fläche der Wandung bedecken. In der rechten Kammer nur einzelne spärliche Blutaustritte.

Dieser Versuch zeigt, dass ganz wie beim levantischen und beim Quillaja-Sapotoxin der Blutdruck selbst durch mehr als tödtliche intravenös applicirte Dosen unseres Giftes nicht sofort herabgesetzt oder sonst wie beeinflusst wird. Auch Puls und Respiration zeigen in den ersten Stunden nichts Bemerkenswerthes.

VIII. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf überlebende Organe von Warmblütern.

Versuch 32. Nieren eines eben geschlachteten Ochsen, welche mit dem verdünnten Blute desselben Thieres in der von Prof. Kobert und seinem Schüler Thomson angegebenen Weise durchströmt wurde.

Zeit.	Durchgeflossene Blutmenge in ccm.	Absolute Giftmenge, welche durch das Organ durchfloss.
Normales Blut.		
4 h. 20 m.	50,0	
21 m.	62,0	
22 m.	58,0	
23 m.	58,0	
24 m.	60,0	
25 m.	55,0	
26 m.	50,0	
27 m.	50,0	
28 m.	45.0	
29 m.	45,0	
30 m.	45,0	
20 mg Gift : 200 ccm Blut.		
31 m.	65,0	6,5 mg.
Normales Blut.		
32 m.	70,0	
33 m.	60,0	
34 m.	60,0	
35 m.	55,0	
36 m.	55,0	
Gift derselben Concentration.		
4 h. 37 m.	65,0	
38 m.	75.0	14,0 mg.
Normales Blut.		
39 m.	85,0	
40 m.	50,0	
41 m.	43,0	
42 m.	45,0	
43 m.	40,0	
Gift derselben Concentration.		
44 m.	66,0	
45 m.	74,0	14,0 mg.
Normales Blut.		
46 m.	60,0	
47 m.	40,0	
48 m.	30,0	

Versuch unterbrochen.

Dieser Versuch zeigt, dass unser Gift ganz in gleicher Weise wie die in der vorigen Arbeit untersuchten drei Saponinsubstanzen die Blutgefässe binnen einer Minute zur Erweiterung bringt. Wegen der Deutung dieser Erscheinung verweise ich auf meine S. 87 gemachten Angaben, die auch hier zutreffen.

IX. Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins auf niedere Thierorganismen.

Versuch 33. Es werden die in einem Katzendarm gefundenen Ascariden (Ascaris lumbricoides) und Tänien (Taenia cucumerina) in zwei Gläser vertheilt. Zu einem Glase wird nur reine physiologische Kochsalzlösung, zum andern $^1/_{10}$%ige Agrostemma-Sapotoxin in physiologischer Kochsalzlösung gelöst hinzugegeben und beide Gläser bei Körpertemperatur gehalten. Die Tänien schrumpften in der Giftlösung binnen wenigen Stunden zusammen, die Ascariden blieben normal.

Nach 15 Stunden sind die Tänien in der Giftlösung todt, während die Ascariden sich noch ganz normal bewegen.

Nach 21 Stunden sind auch die Ascariden todt. Es hat sich im Glase eine schleimige, zähe, weissliche Flüssigkeit gebildet.

In der physiologischen Kochsalzlösung lebten sowohl die Ascariden, als auch die Tänien zu dieser Zeit noch.

Versuch 34. Mit einer andern Menge Ascariden wurde auf dieselbe Weise verfahren, nur wurde eine Sapotoxinlösung von 1: 2000 gebraucht.

Nach 40 Stunden waren die Ascariden in der Giftlösung todt, während die in der physiologischen Kochsalzlösung noch nach 52 Stunden lebten.

Diese Versuche zeigen, dass das Agrostemma-Sapotoxin ein Protoplasmagift ist, welches noch bei 1000—2000facher Verdünnung nicht nur auf Bandwürmer, sondern auch auf die nach v. Schröder's Versuchen so ausserordentlich resistenten Spulwürmer vernichtend einwirkt. In dieser Beziehung übertrifft das Agrostemma-Sapotoxin das levantische Sapotoxin noch bedeutend.

D. Forensisch-toxikologischer Theil.

Die Wirkung des Agrostemma-Sapotoxins erstreckt sich auf sämmtliche Thierarten und auf den Menschen. Wie ich im vorstehenden Theile gezeigt habe, sterben unter seiner Einwirkung Pferde, Kälber, Rinder, Ziegen, Schweine, Hunde, Katzen, Kaninchen, Hühner, Tauben, Kanarienvögel, Ratten, Bandwürmer und Spulwürmer. Nur gegen die Darreichung per os sind die Nagethiere und Wiederkäuer einigermassen unempfindlich.

Vergiftungserscheinungen, die bei Einnahme von Agrostemmamehl oder Agrostemma-Sapotoxin beobachtet werden, sind: Speicheln, Schlingbeschwerden, Erbrechen, Kolik, Durchfall, Mattigkeit, Betäubung und bei manchen Thieren Krämpfe, bei manchen auch Lähmung.

Um Vergiftungserscheinungen mit dem Mehle von Kornrade hervorzurufen, ist nach Cornevin[1])

für das Kalb	2,5 g	pro Kilo Thier
„ das Schwein	1,0 „	
„ den Hund	0,9 „	
„ das Huhn	2,5 „	

[1]) Cornevin, Des plantes vénéneuses. Paris 1887, p. 253.

nöthig. Von den nicht gepulverten Samen ist nach Cornevin das Doppelte nöthig, da erstens das den Samen umgebende Häutchen das giftige Princip nicht enthält und ausserdem ein Theil der Samen unverdaut den Darmkanal passirt. Vergl. auch oben S. 129—136.

Eigenthümlich ist es, dass das radehaltige Futter nicht immer gleich stark giftig wirkt, indem zuweilen selbst sehr grosse Quantitäten von den Thieren ohne Gefahr verzehrt wurden. Ob dies auf Veränderungen oder Zersetzungen des Sapotoxins im Rademehle oder auf eine gewisse Prädisposition (katarrhalische Beschaffenheit etc.) der Darmschleimhaut zurückzuführen ist, oder ob es von der Reinheit der Radesamen von anderen Beimischungen abhängt, da in einzelnen Fällen neben Radesamen Schimmel- und Brandpilze, Lolium- und Lathyrussamen vorgefunden wurde, muss dahingestellt bleiben.

An Menschen sind Vergiftungserscheinungen mit Kornrademehl sehr wenig beobachtet worden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit führten Tardieu, Chevallier und Lassaigne[1]) den Tod einer 35jährigen Frau und ihres 17 Monate alten Kindes in Chatellevault auf den Genuss von stark radehaltigem Brode zurück, da bei der Section im Magen und Darm grosse Mengen von Rade sich vorfanden.

Einen zweiten Fall von Radevergiftung beobachtete Bellaud[2]). In einem Dorfe erkrankten 5 Bewohner von 14—21 Jahren ohne besondere Veranlassung unter Unbehagen, Kopfschmerz, Schwindel, Erbrechen, frequentem Puls; zwei der Patienten wurden schliesslich komatös. In dem genossenen Getreide fanden sich reichliche Rademengen.

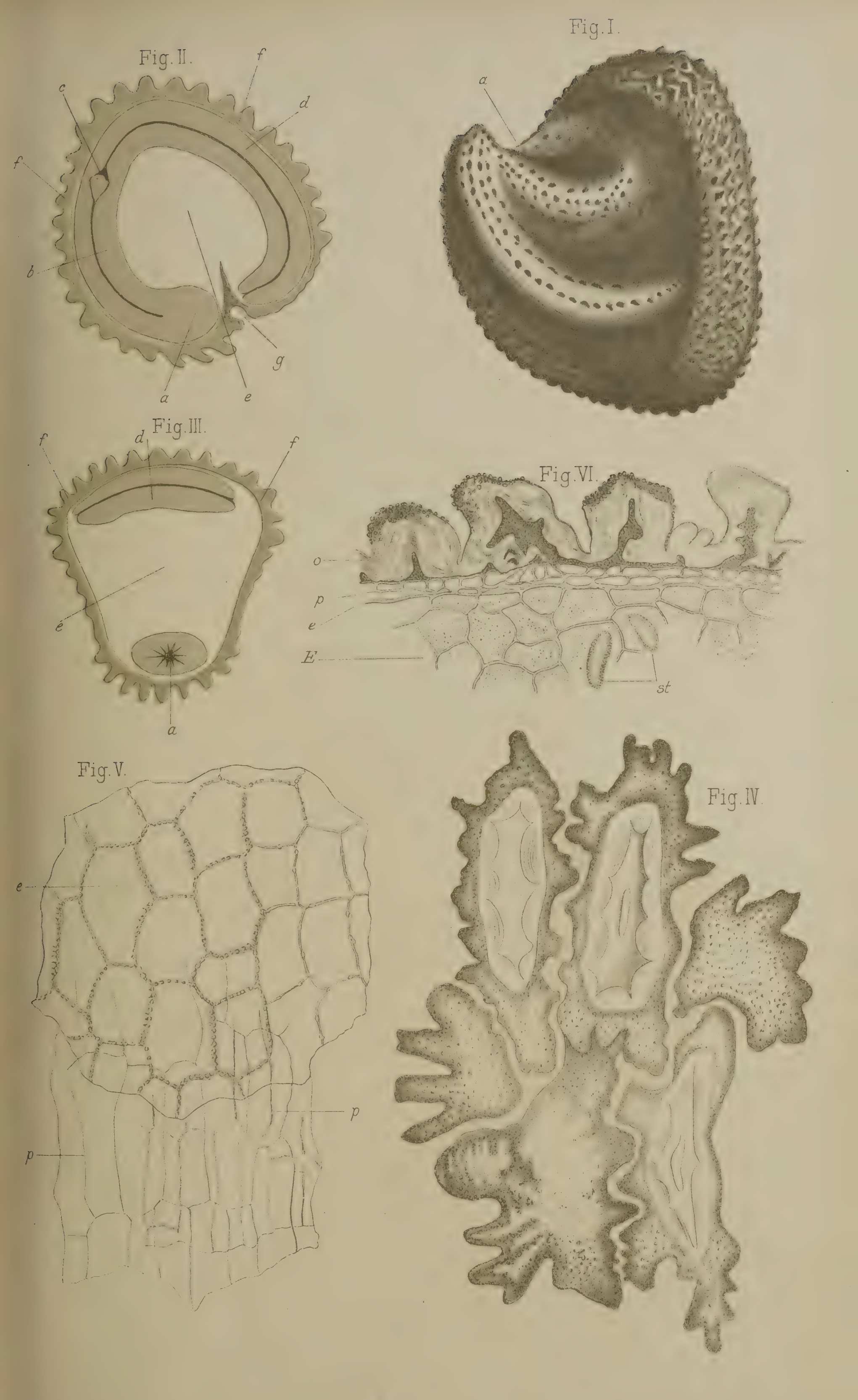
H. Schulze[3]) berichtet, dass die Landbewohner das Mehl der Kornradesamen manchmal zum Schnupfen bei Schwerhörigkeit anwenden. Bei einem Falle dieser Art äusserten sich jedoch sehr üble Wirkungen, indem das Mehl nicht nur örtlich reizte und die Kopfnerven so afficirte, dass starkes Nasenbluten und ein halb bewusstloser Zustand eintrat. Ohne Zweifel handelte es sich hier um eine vom Ohr aus zustande gekommene Sapotoxinvergiftung.

Nach Lewin[4]) genügen schon 30 g Radepulver, um beim Menschen toxische Erscheinungen hervorzurufen.

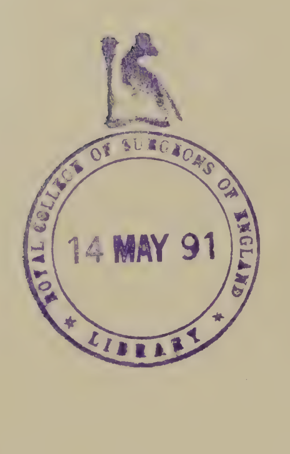
Lehmann und Mori, die experimentell die Wirkung des Radenmehls auf den Menschen untersuchten, fanden, dass eine 2—3 g Radepulver enthaltende Brodportion nicht nachtheilig wirke, während 3—5 g des Pulvers für den Menschen schon genügend ist, um eine leichte Intoxication hervorzurufen. Diese Intoxication bestand in Uebelkeit, Aufstossen, Kopfschmerzen, Dyspepsie, unangenehmem Geschmack im Munde, Kratzen im Halse, belegter Zunge, Heiserkeit und Husten mit verstärkter Schleimsecretion. Man darf daraus schliessen, dass das Agrostemma-Sapotoxin auch beim Menschen vom Magen-Darmkanal aus leicht resorbirt wird und schon in Dosen von 0,1 g sehr unangenehm empfunden wird.

---

[1]) Annales d'hygiène, 1852, p. 350.
[2]) Citirt nach Malapert und Bonneau.
[3]) Schulze, l. c., Bd. **55**, p. 298.
[4]) Lewin, Lehrbuch der Toxikologie (Wien 1885), p. 368.



Lith. Anst. v. A. Eckstein, Stuttgart.



Danach ist also die Kornrade für uns Menschen gefährlicher als die Quillajarinde, als die weisse und rothe Seifenwurzel und als die Seifennüsse.

Es ist von der russischen Regierung der Militär-Intendantur gestattet, Mehl und Brod für das Heer mit einem 0,5 %igen Zusatz von Kornrade zu kaufen. Da der Soldat 1200 g Brod täglich bekommt, so erhält er also damit 6,0 g Kornrade, eine Menge, die schon recht starke Intoxicationen hervorzurufen im Stande ist. Gerade deshalb hat mir Prof. Kobert das vorliegende Thema zur Bearbeitung gegeben. Ich hoffe, durch meine Arbeit meinem Vaterlande genützt zu haben.

Ueber den forensisch-toxikologischen Nachweis des Kornradenmehles habe ich S. 115 schon gesprochen. Derselbe kann auf chemischem, mikroskopischem und auf spectroskopischem Wege geliefert werden. Betreffs der letztgenannten Methode, welche von Uffelmann[1]) eingeführt worden ist, verweise ich auf meine Angaben auf S. 108 dieses Bändchens.

Tafelerklärung.

Fig. I. Der Same der Kornrade, 20mal vergrössert. a. Anhaftungsstelle des Samens.

Fig. II. Nach der Krümmungsebene durchschnittener Same. a. Würzelchen des Embryo; b. Stengelchen desselben; c. Knöspchen (plumula); d. Keimblätter; e. Sameneiweiss (Mehlkörper); f. Samenschale; g. Anhaftungsstelle des Samens.

Fig. III. Durchschnitt durch das Würzelchen und die Keimblätter. Die Buchstaben bezeichnen dasselbe, wie in Fig. II.

Der sapotoxinhaltige Embryo ist in Fig. II u. III violettroth gefärbt, eine Färbung, wie sie sich an Schnitten des Samens durch concentrirte Schwefelsäure hervorrufen lässt.

Fig. IV. Einige Oberhautzellen in der Flächenansicht. Vergrösserung 160mal.

Fig. V. Innenhaut der Samenschale in der Flächenansicht. p. Parenchym, e. Epithel. Vergrösserung 160mal.

Fig. VI. Querschnitt durch die Samenschale. o. die Oberhaut; p. Parenchym; e. Epithel; E. das Endosperm mit zwei grösseren Stärkekörpern st und zahllosen winzigen Stärkekörnchen. Vergrösserung 160mal.

Fig. I, II und III sind nach Natanson (Dissert. St. Petersburg 1867), Fig. IV, V und VI nach J. Möller (Real-Encyclopädie der gesammten Pharmacie, Bd. 1, p. 185) gezeichnet.

Da die Arbeit von Natanson in Deutschland keine allgemeine Verbreitung gefunden hat, so hielt ich die Reproduction seiner Abbildungen für nicht überflüssig. Die rothe Färbung des Embryo findet sich bei ihm übrigens nicht. Die schönen Möller'schen Schnitte ergänzen die von Natanson in vortrefflicher Weise.

---

[1]) Archiv für Hygiene 1884, p. 201.

Schlusswort des Herausgebers.

Mit den beiden vorstehenden Arbeiten ist eine sich über fünf Jahre hinziehende Untersuchung unseres Institutes zu einem theilweisen Abschluss gekommen. Es hat sich nachweisen lassen, dass der einheitliche Begriff Saponin, von dem noch jetzt viele chemische Lehr- und Handbücher sprechen, für die Pharmakologie nicht mehr existirt, und dass dies Wort, welches höchstens als Collectivbegriff noch anwendbar ist, auch aus den Preislisten von Merck, Gehe, Trommsdorff etc. ganz gestrichen und durch die Worte Quillaja-Sapotoxin, Quillajasäure etc. ersetzt werden muss. Zum mindesten müsste bei Aufführung unter dem Namen Saponin die Droge, aus welcher es gewonnen wurde, und die Methode der Darstellung kurz angegeben werden. Ohne diese Zusätze ist ein Handelssaponin werthlos. Wir haben es nämlich bei den sogen. Saponinen mit Reihen von Körpern zu thun, welche nach mehreren allgemeinen Formeln zusammengesetzt sind. Eine dieser Formeln, welche der Herausgeber hier zum ersten Male veröffentlichen lässt, scheint $C^nH^{2n-8}O^{10}$ zu sein. Von der Reihe der zu dieser Formel gehörigen Glieder sind wenigstens drei bekannt. Das bekannteste derselben, das Saponin von Ed. Stütz, hat die Formel $C^{19}H^{30}O^{10}$, welche dieser Autor selbst im Stande war, zu specificiren zu

$$C^{19}H^{25}(OH)^5O^2O^3.$$

Wenn die Analysen der vorstehenden Arbeit richtig sind, so haben wir ein gewisses Recht, in dieser Formel zwei Methylgruppen zu vermuthen und können sie daher weiter specificiren zu

$$C^{17}H^{19}(CH^3)^2(OH)^5O^2O^3.$$

Das unterste Glied unserer Reihe, welchem den Analysen zufolge die Formel $C^{17}H^{26}O^{10}$ zukommt[1]), theilt diese Formel mit dem krystallisirten Syringin, welches nach den eingehenden Untersuchungen von G. Körner[2]) als Oxymethylconiferinhydrat aufgefasst werden muss und demnach folgende Structurformel besitzt:

$$C^6H^2\left\{\begin{array}{l}OC^6H^{11}O^5\\OCH^3\\OCH^3\\C^3H^4OH\end{array}\right. + H^2O.$$

Wie unsere Substanzen von der Formel $C^{17}H^{26}O^{10}$ ist auch das Syringin ein Glycosid, welches ebenfalls mit concentrirter Schwefelsäure eine characteristische Farbenreaction bildet. Ob noch weitere Analogien zwischen beiden bestehen, muss später festgestellt werden.

Es ist nun von grösstem Interesse, dass für jedes Glied unserer Reihe sich mehrere Substanzen haben ausfindig machen

---

[1]) Bestimmungen der Molekülgrösse wurden erst während des Drucks dieses Bändchens unternommen; dieselben werden in der Arbeit des Herrn v. Schulz in einem der nächsten Bändchen veröffentlicht werden.

[2]) Atti del R. Istituto Lombardo 1888; Enciclopedia Chimica diretta dal prof. Guareschi, vol. 6, 1890, p. 240.

lassen, welche nicht nur bei der Elementaranalyse identische Zahlen geben, sondern sich auch bei allen chemischen Reactionen gleich verhalten, bei pharmakologischer Prüfung aber enorme Verschiedenheiten in der Intensität der Giftigkeit zeigen; ja eine der Substanzen, das Agrostemma-Sapotoxin, zeigt auch qualitativ ein von den übrigen Saponinen verschiedenes physiologisches Verhalten, indem es vom subcutanen Gewebe und vom Magen-Darmkanal aus resorbirt werden kann. Dies ist in chemischer und pharmakologischer Beziehung gleich wichtig. In chemischer Hinsicht mahnt es uns, Substanzen, welche gleiche elementare Zusammensetzung zu haben scheinen und weder in physicalischer noch in chemischer Hinsicht verschiedene Eigenschaften zeigen, nicht etwa vorschnell als identisch zu bezeichnen. In pharmakologischer Beziehung mahnt es uns, die Frage der Getreideverunreinigung durch Kornradesamen von Neuem zu untersuchen und möglichst ernst zu nehmen, denn die Kornrade wird durch den Nachweis der Resorbirbarkeit ihres Sapotoxins zu einem gefährlichen Gifte.

Leider enthält nun der Kornradesamen neben dem Gifte noch eine erhebliche Menge von Nährstoffen, und die Versuchung, diese Samen als Nahrung für Menschen und Vieh zu verwenden, kehrt daher seit Alters fortwährend wieder. Nun haben zwar Lehmann und Mori gezeigt, dass sich das Gift auf eine sehr einfache Weise, nämlich durch Rösten des Mehles in eisernen Pfannen, unschädlich machen lässt; indessen ist diese Massnahme bis jetzt noch nicht ins Volk gedrungen und kann dem Einzelnen durch kein Gesetz aufgenöthigt werden. Es scheint mir daher richtig, eine andere Möglichkeit, welche vorhanden ist, anzudeuten. Wie man nämlich aus Fig. II und III unserer Abbildung ersieht, findet sich im Centrum der roth gezeichneten giftigen Samenpartie ein ganz ungiftiger Kern, welcher ein schneeweisses, überaus feines Mehl liefert, das ganz ungiftig ist. Es kommt nur darauf an, durch ein Gesetz den Müllern ein Schrotverfahren aufzunöthigen, welches nicht nur die schwarze Schale, sondern auch die vom giftigen Embryo gebildete Randpartie des Samens nach Möglichkeit mit ablöst. Man erhält dann einen ungiftigen Kern, welcher aus wohlschmeckendem, gut verträglichem Stärkemehl besteht. In Russland, wo nach Orlow[1]) beträchtliche Mengen von Kornraden wachsen, mischt man, da selbst für die Mehllieferungen an die Armee Beimischung von 0,5 % Kornrademehl gesetzlich gestattet ist, für die Civilbevölkerung ganz ungenirt, ja bona fide dem Getreide beträchtliche Mengen von Kornradesamen zu, so dass Orlow eine Beimengung von 10 % Kornradebestandtheilen zum Brode als häufig bezeichnet. Dazu stimmt, dass die grossen russischen Getreidehändler, welche den Weltmarkt versorgen, der Ansicht sind, dass das kornradehaltige Getreide ein „schöneres“ Mehl liefere, als das von Kornrade freie. Ich bezweifle die Richtigkeit dieser Ansicht, was das Aussehen des Mehles anlangt, nicht; aber dem Glauben an die Unschädlichkeit solchen Mehles muss ich auf Grund vorstehender Arbeit entschieden

---

[1]) Untersuchungen des ungemahlenen Getreides und des Mehles etc. aus dem Gouvernement Wjatka. Kasan 1891.

entgegentreten. Ich will gern zugeben, dass bei der beträchtlichen Hitze des Backofens ähnlich wie in den Versuchen von Lehmann und Mori ein Theil des Agrostemma-Sapotoxins entgiftet wird; die Gesammtmenge desselben aber verschwindet nach den von mir untersuchten Brodproben nicht. Ferner wird ein grosser Theil des auf den Weltmarkt kommenden Mehles überhaupt nicht der Backofenhitze ausgesetzt, sondern anderweitig bei niederer Temperatur zu Speisen verarbeitet. Ich meine daher, dass die Hygieniker und Pharmakologen gemeinsam darauf dringen müssen, kornradehaltiges Getreide erst nach dem oben genannten Schroten der abgesonderten Kornraden zum Vermahlen zuzulassen. Das gewonnene Schrot ist nach Lehmann und Mori zu rösten und dann eventuell als Viehfutter zu verwenden, wofern man es nicht besser als Düngemittel verwenden kann.

Für Russland sind die nöthigen Schritte zur gesetzlichen Regelung der Kornradefrage durch den Herausgeber bereits eingeleitet; möchten andere Staaten in dieser Beziehung nicht hinter Russland zurückbleiben!

Während des Druckes dieses Bändchens erschienen noch drei auf die Saponinfrage bezügliche Mittheilungen, welche leider nicht mehr berücksichtigt werden konnten, nämlich eine von Hesse, eine von Kiliani und eine vom Naturwissenschaftlichen Verein für Sachsen und Thüringen. Vielleicht findet sich später Gelegenheit, auf diese einzugehen.

Die Tafelerklärung findet sich auf Seite 145.